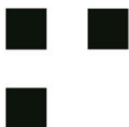


Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.



Województwo
Śląskie



PPO WSL 2030. Utworzenie Regionalnego Obserwatorium Innowacji

w ramach Działania 1.3 Programu FE SL 2021-2027. Ekosystem RIS

Z a d a n i e

Foresight technologii Województwa Śląskiego 2050

**Identyfikacja priorytetowych technologii
województwa śląskiego dla obszaru technologicznego**

Technologie lotnicze i przemysł kosmiczny

sty-2025



Zespół autorski:

mgr Damian Buchta

mgr inż. Mateusz Żymła

inż. Krzysztof Piekarczyk

mgr. inż. Krzysztof Będkowski



Spis treści

1	Identyfikacja obszarów technologicznych, grup technologicznych i technologii.....	3
1.1	Opis metodologii	3
1.2	Zakres obszaru technologicznego.....	4
1.3	Analiza konkurencyjności obszaru technologicznego	10
1.3.1	Opis przyjętych metod.....	31
1.3.2	Analiza warunków popytu na technologie w ramach obszaru technologicznego	31
1.3.3	Identyfikacja możliwości pojawienia się nowych technologii, produktów i usług	31
1.3.4	Identyfikacja możliwości pojawienia się substytutów dla rozwijanych technologii, produktów, usług.....	36
1.3.5	Identyfikacja zależności i łańcuchów wartości rozwoju technologii w ramach obszaru technologii	40
1.3.6	Intensywność rywalizacji między konkurentami	44
1.3.7	Podsumowanie	46
2	Uwarunkowania rozwoju obszaru technologicznego - analiza PESTEL.....	55
3	Ocena obszaru technologicznego - analiza SWOT	57
4	Bibliografia	60
5	Lista podmiotów zaangażowanych w badanie.....	63
6	Spis rysunków i tabel	63

1 Identyfikacja obszarów technologicznych, grup technologicznych i technologii

1.1 Opis metodologii

W przypadku technologii lotniczych i przemysłu kosmicznego do identyfikacji grup technologicznych oraz technologii występujących w województwie śląskim zastosowano analizę danych zastanych (desk research) oraz weryfikację zebranych materiałów z ekspertami z branży.

Przyjęta w opracowaniu metodologia badawcza desk research polegająca na zbieraniu i analizowaniu informacji z dostępnych źródeł drugorzędnych, takich jak dokumenty, raporty, publikacje naukowe i inne opracowania branżowe miała na celu zdobycie i przedstawienie szerszego spojrzenia na badane obszary, a także uzupełnienie lub potwierdzenie wiedzy na dany temat.

Główne źródło danych w przypadku technologii lotniczych i przemysłu kosmicznego stanowiły ogólnodostępne raporty oraz opracowania, takie jak:

- **Branżowy Bilans Kapitału Ludzkiego - Branża przemysł lotniczo-kosmiczny** (raport z I oraz II edycji badań), przygotowany na zlecenie Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości we współpracy z Sektorową Radą ds. Kompetencji Przemysłu Lotniczo-Kosmicznego,
- **Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego, trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym** (Departament Strategii i Współpracy Międzynarodowej - Polska Agencja Kosmiczna),
- **Opracowania perspektywiczne sektory polskiej gospodarki - Sektor lotniczy i kosmiczny** (Polska Agencja Inwestycji i Handlu),
- **Raport pt.: „Polski Przemysł Lotniczy - Potencjał i perspektywy rozwoju”**,
- **Raport pt.: „Przemysł lotniczy w Polsce - możliwości, wyzwania i perspektywy”**,
- **Raport pt.: „Wpływ polityki klimatycznej UE na branżę lotniczą”**,
- **Raport pt.: „Ocena stanu rozwoju badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej w Polsce za 2023 rok”** (Departament Strategii i Współpracy Międzynarodowej - Polska Agencja Kosmiczna),
- **Raport pt.: Stan sektora lotniczego z perspektywy potrzeb osobowych w pierwszej połowie 2022 r. - problemy, zagrożenia, zmiany** (Zlecenie eksperckie z 11 lipca 2022),
- **Raport pt.: „Perspektywy rozwoju siedemnastu branż polskiej gospodarki”**,
- **Program Rozwoju Technologii Województwa Śląskiego na lata 2019 - 2030.**

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

Dzięki zgromadzonym danym, udało się zidentyfikować grupy technologiczne oraz technologie występujące w przemyśle lotniczo-kosmicznym, które posłużyły do dalszej analizy. Weryfikacja zebranych materiałów przez specjalistów z dziedziny technologii lotniczych i przemysłu kosmicznego pozwoliła skonfrontować wiedzę ekspercką z pozyskanymi wcześniej danymi, co umożliwiło zdefiniowanie finalnego zestawu grup technologicznych i technologii o wysokim potencjale rozwojowym w województwie śląskim.

W opracowywaniu i weryfikacji materiałów uczestniczyli przedstawiciele:

- Uczelni i jednostek badawczych: Politechnika Śląska - pracownicy naukowcy Wydziału Transportu i Inżynierii Lotniczej (Katedra Transportu Lotniczego),
- Śląskiego Klastra Lotniczego,
- Firm reprezentujących sektor lotniczo-kosmiczny: SKYDREAM Sp. z o. o., KP Labs Sp. z o.o., Górnośląski Akcelerator Przedsiębiorczości Rynkowej Sp. z o.o.
- Innych podmiotów: Centrum Kształcenia Kadr Lotnictwa Cywilnego Europy Środkowo-Wschodniej (CKKLC), które jest jednostką pozawydziałową Politechniki Śląskiej¹.

1.2 Zakres obszaru technologicznego - Technologie lotnicze i przemysł kosmiczny

W raporcie z drugiej edycji Branżowego Bilansu Kapitału Ludzkiego II, w branży przemysłu lotniczo-kosmicznego wskazano, że sektor przemysłu lotniczo-kosmicznego odgrywa istotną rolę w funkcjonowaniu polskiej gospodarki. Polski przemysł lotniczy to dziś ponad 100 spółek, które prowadzą szeroko zakrojoną działalność we wszystkich fazach życia produktu: od prac badawczo-rozwojowych, przez produkcję komponentów i całych produktów, aż po posprzedażową obsługę serwisową. Ten dynamiczny sektor obejmuje zarówno małe i średnie przedsiębiorstwa, jak i duże korporacje, które ze sobą blisko współpracują i rosną w średnim tempie powyżej 10% rocznie (w latach 2018-2022), ale przede wszystkim angażują ponad 32 tys. pracowników generujących roczną produkcję o wartości aż 14,5 mld PLN². Wpływ na to ma między innymi: bogata historia polskiego lotnictwa³, uznana w świecie jakość oferowanych produktów, konkurencyjne koszty

¹ Utworzenie Centrum stanowi wspólną inicjatywę Politechniki Śląskiej, Urzędu Lotnictwa Cywilnego w Warszawie i Górnośląskiego Towarzystwa Lotniczego S.A. w Katowicach.

² Raport Polski Przemysł Lotniczy - Potencjał i perspektywy rozwoju, https://www.dolinalotnicza.pl/wp-content/uploads/2024/10/Raport_SPPL_Polski-Przemysl-Lotniczy.pdf, s.10.

³ Lotnictwo w Polsce posiada ponad stuletnią historię, podczas której zaczęto intensywnie rozwijać przemysł lotniczy poprzez międzynarodową współpracę oraz inwestycje zagraniczne.

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

produkcji i pracy oraz ciągły rozwój działalności edukacyjnej (dostępność do zorientowanych na lotnictwie kierunków technicznych uczelni wyższych) i szkoleniowej.

Przemysł lotniczy w kraju skoncentrowany jest w Polsce Południowo-Wschodniej, w której występuje około 80% przedsiębiorstw działających w tej branży. Duża część z nich to przedsiębiorstwa z udziałem kapitału zagranicznego oraz nieliczne przedsiębiorstwa z udziałem Skarbu Państwa. Często przedsiębiorstwa te prowadzą działalność w jednym z czterech klastrów, do których zaliczane są: „Dolina Lotnicza”, Śląski Klaster Lotniczy, Wielkopolski Klaster Lotniczy oraz Dolnośląski Klaster Lotniczy.

Z kolei, przemysł kosmiczny w Polsce jest dojrzewającą dziedziną o dużym potencjale gospodarczym w Europie Środkowo-Wschodniej, który znacząco zaczął rozwijać się w ostatnich kilkunastu latach, w następstwie przystąpienia Polski do Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) w 2012 roku. Cele rozwoju przemysłu kosmicznego wyznaczyła Polska Strategia Kosmiczna przyjęta w 2017 roku, a ich osiągnięcie ma zapewnić Krajowy Program Kosmiczny obejmujący lata 2021-2026. Polskie podmioty w ramach przynależności do Europejskiej Agencji Kosmicznej realizują projekty zorientowane na obserwację Ziemi, realizację programów dotyczących bezpieczeństwa kosmicznego, telekomunikację i zintegrowane aplikacje oraz eksplorację kosmosu. Członkostwo Polski w ESA przyczynia się również do rozwoju polskich podmiotów, prowadzących działalność w przemyśle kosmicznym, które otrzymały kontrakty w ramach tej współpracy.

Można zauważyć, że przemysł lotniczo-kosmiczny (aerospace) to sektor o bardzo szerokim zakresie działalności, obejmujący rozwój, produkcję i eksploatację zarówno statków powietrznych, jak i kosmicznych. Branża ta angażuje się w ciągłe badania i rozwój, co prowadzi do powstawania zaawansowanych technologii związanych z konstrukcją statków powietrznych/kosmicznych, silników, systemów nawigacyjnych, itp.⁴ Sektor ten jest silnie reprezentowany w naszym kraju oraz w woj. śląskim gdzie swoją działalność gospodarczą prowadzi wiele podmiotów związanych z sektorem lotniczo-kosmicznym, a znacząca część z nich to członkowie Śląskiego Klastra Lotniczego. Daje to możliwość wspólnego działania i łączenia sił w celu uzyskania przewagi konkurencyjnej na rynku krajowym, jak i międzynarodowym.

W "Programie Rozwoju Technologii Województwa Śląskiego na lata 2019-2030" zostały wskazane trzy kluczowe grupy technologiczne dotyczące obszaru „Technologie Lotnicze i Przemysł Kosmiczny”:

⁴ Analiza możliwości polskiej branży przemysłowej lotnictwa cywilnego, które pomogą sprostać wyzwaniom stawianym przez kraje o najwyższych standardach technologicznych i systemowych, <https://www.sitkrp.org.pl/storage/media/zk/articles/551/files/66051505025f9.pdf>, s. 3-4.

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

1. Technologie projektowania i wytwarzania w przemyśle lotniczym i kosmicznym.
2. Technologie związane z awioniką statków powietrznych i kosmicznych.
3. Technologie lotniczego i satelitarnego zobrazowania Ziemi oraz usług z tym związanych.

Wyodrębniony w dokumencie PRT WSL z 2019 roku zakres obszaru technologicznego „Technologie Lotnicze i Przemysł Lotniczy” jest nadal silnie reprezentowany w województwie śląskim. Jednak zmiany wywołane globalnymi trendami (środowiskowe, technologiczne, związane z transformacją procesów zarządzania i organizacji produkcji) oraz uwarunkowaniami krajowymi i regionalnymi stwarzają potrzebę rewizji tego zakresu oraz identyfikacji nowych, rozwijających się grup technologicznych.

W kontekście regionu, z perspektywy opisywanego obszaru technologicznego, warto wspomnieć ponownie o Śląskim Kłastrze Lotniczym, który został założony przez przedstawicieli przemysłu lotniczego. Jego celem jest wzmocnienie współpracy pomiędzy przedsiębiorstwami oraz stworzenie optymalnych warunków dla ciągłego transferu wiedzy i innowacyjnych rozwiązań pomiędzy członkami klastra pochodzącymi nie tylko z branży lotniczej, ale i z innych gałęzi nauki i przemysłu.

Działalność klastra przyczynia się do wzrostu konkurencyjności oraz rozwoju lotnictwa w Polsce. Obecnie do klastra należy ponad 120 podmiotów, w tym uczelnie wyższe i instytucje otoczenia biznesu.

Główne obszary specjalizacji Śląskiego Klastra Lotniczego obejmują:

- Produkcję szybowców, samolotów lekkich i ultralekkich
- Produkcję modułów do silników lotniczych (łopatki i statory do turbiny niskiego ciśnienia)
- Samoloty bezzałogowe
- Centrum badań materiałów i struktur kompozytowych
- Usługi remontowe dla lotnictwa
- Usługi szkoleniowe dla branży lotniczej
- Obróbkę metali
- Systemy IT
- Naczepy, przyczepy i zabudowa samochodów ciężarowych
- Usługi doradcze

Po przeanalizowaniu raportów sektorowych oraz struktury działalności członków Śląskiego Klastra Lotniczego, a także skonfrontowaniu wiedzy eksperckiej z zebranymi danymi, stworzono katalog grup technologicznych oraz technologii w ramach technologii lotniczych i przemysłu kosmicznego, który został przedstawiony w tabeli.

Tabela 1 Grupy technologiczne oraz technologie występujące w przemyśle lotniczo-kosmicznym.

Grupy technologiczne	Technologie
Awionika	Systemy sterowania lotem: komputerowe systemy kontrolujące lot (fly-by-wire, fly-by-light)
	Systemy nawigacji i łączności: GPS, systemy komunikacji satelitarnej, radarowe systemy nawigacyjne
	Czujniki i detektory: urządzenia do monitorowania warunków atmosferycznych, wysokości, prędkości itp.
Napędy i silniki	Silniki odrzutowe: rozwój nowoczesnych i bardziej efektywnych silników dla samolotów cywilnych i wojskowych
	Silniki rakietowe: napędy stosowane w rakietach kosmicznych, wykorzystujące paliwa stałe i ciekłe, a także nowe technologie jak napędy jonowe czy nuklearne
	Napędy hybrydowe: połączeniu tradycyjnych silników odrzutowych z nowoczesnymi systemami elektrycznymi
Materiały i struktury	Kompozyty i materiały lekkie
	Materiały spełniające wysokie wymagania branży lotniczo-kosmicznej np. odporność na ekstremalne warunki, wytrzymałość itp.
Technologie kosmiczne	Projektowanie i produkcja satelitów: satelity komunikacyjne, obserwacyjne, nawigacyjne oraz ich systemy zarządzania energią i ochrony przed promieniowaniem kosmicznym
	Eksploracja kosmosu: technologie stosowane w misjach załogowych i bezzałogowych
	Napęd kosmiczny: nowe formy napędu, takie jak napęd plazmowy, silniki jądrowe, napęd chemiczny
Sztuczna inteligencja (AI) i automatyzacja	Autonomiczne systemy sterowania: bezzałogowe statki powietrzne (UAV, drony), autonomiczne systemy lądowania i nawigacji
	Zarządzanie ruchem lotniczym: algorytmy wspierające optymalizację tras lotów, zarządzanie ruchem lotniczym w czasie rzeczywistym
Symulacje i modelowanie	Symulacje lotów: modelowanie zachowania samolotów i rakiet w różnych warunkach atmosferycznych i przestrzeni kosmicznej
	Wirtualne testowanie: stosowanie symulacji do testowania prototypów, co redukuje koszty i czas związane z testami w rzeczywistych warunkach

Zaawansowane systemy produkcji	Druk 3D (additive manufacturing): drukowanie elementów strukturalnych dla statków powietrznych i kosmicznych z zaawansowanych materiałów
	Robotyzacja i automatyzacja: roboty stosowane do precyzyjnego montażu komponentów lotniczych
Ekologia i zrównoważony rozwój	Samoloty elektryczne: badania nad napędami elektrycznymi dla samolotów
	Biopaliwa: rozwój bardziej ekologicznych paliw alternatywnych do tradycyjnych paliw lotniczych
	Technologie wodorowe do zastosowań w lotnictwie
Bezzałogowe systemy powietrzne	Systemy napędowe i energetyczne
	Awionika i sterowanie: systemy nawigacyjne, sensory i kamery, komunikacja i transmisja danych, systemy bezpieczeństwa
	Sztuczna inteligencja i algorytmy uczenia maszynowego
	Zastosowanie specjalistycznych materiałów

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o konsultacje z ekspertami branżowymi.

Charakterystyka grup technologicznych, technologii oraz wybrane przykłady firm działających w obszarze technologii lotniczych i przemysłu kosmicznego w województwie śląskim.

Pierwszym z opisywanych obszarów technologicznych oraz technologii jest **Awionika**, czyli zbiór systemów elektronicznych, elektrycznych i komputerowych stosowanych w statkach powietrznych, takich jak samoloty, śmigłowce i drony. Obejmuje ona szeroki zakres urządzeń, w tym systemy: nawigacyjne, komunikacyjne, sterowania lotem, monitorowania i diagnostyki oraz zarządzania lotem. Awionika ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa i efektywności lotnictwa, umożliwiając precyzyjne sterowanie, komunikację oraz monitorowanie pracy samolotu (dostęp do informacji w czasie rzeczywistym, co z kolei przekłada się na lepsze podejmowanie decyzji)⁵. W ramach opisanej grupy technologicznej zdiagnozowano następujące technologie:

- Systemy sterowania lotem będące zestawem technologii i mechanizmów, które umożliwiają kontrolowanie trajektorii i stabilności statków powietrznych. Ich głównym zadaniem jest utrzymanie odpowiednich parametrów lotu i reagowanie

⁵ „Ewolucja awioniki: Od analogowych przyrządów do cyfrowych kokpitów”, www.forum-lotnicze.pl, 22 października 2024 r., <https://www.forum-lotnicze.pl/ewolucja-awioniki-od-analogowych-przyrzadow-do-cyfrowych-kokpitow/>, dostęp 17.03.2025r.

na zmiany w warunkach atmosferycznych, sterowanie prędkością, wysokością, kierunkiem lotu oraz zapewnianie bezpieczeństwa. W zależności od typu statku powietrznego i jego przeznaczenia, systemy sterowania lotem mogą się znacznie różnić.

- Systemy nawigacyjne i łączności w awionice zapewniające bezpieczne, efektywne i precyzyjne zarządzanie ruchem lotniczym. Każdy system, od tradycyjnych technologii, takich jak VOR i ILS, po nowoczesne rozwiązania satelitarne i ADS-B, ma na celu wsparcie pilotażu, kontrolowania ruchu i zapewnianie bezpieczeństwa na różnych etapach lotu. Integracja tych systemów, a także ich niezawodność, są kluczowe dla bezpieczeństwa i sprawności operacji lotniczych.
- Współczesne statki powietrzne wyposażone są w zaawansowane technologie czujników, które monitorują różne parametry związane z lotem, stanem samolotu i otoczeniem. Jednymi z najważniejszych czujników i detektorów stosowanych w lotnictwie są czujniki: prędkości, wysokości, temperatury, przyspieszenia i żyroskopy, ciśnienia np. w zbiornikach paliwa, tlenowe, detekcji gazów i dymu, wykrywania uderzeń i wibracji (używane do monitorowania stanu silników oraz innych wrażliwych elementów mechanicznych samolotu), detekcji awarii, radary pogodowe i detektory przeszkód, kamery i czujniki optyczne.

Należy zauważyć, że Awionika przeszła ogromną transformację od czasów, gdy piloci korzystali z analogowych przyrządów, do nowoczesnych, zaawansowanych systemów cyfrowych. Wprowadzane zmiany miały kluczowy wpływ na bezpieczeństwo lotów (np. systemy fly-by-wire zapewniają wyższy poziom kontroli i precyzji w manewrowaniu), ale także ograniczyły ich koszty oraz wpłynęły na komfort pasażerów. Przechodzenie na technologie cyfrowe w zakresie awioniki jest nie tylko odpowiedzią na rosnące wymagania dotyczące bezpieczeństwa i efektywności, ale także okazją do istotnego przekształcenia całego przemysłu lotniczego. Wprowadzenie nowych technologii w awionice sprawiło, że:

- nowoczesne systemy awioniki są znacznie lżejsze niż ich analogowe odpowiedniki, co przekłada się na mniejsze zużycie paliwa,
- cyfrowe kokpity umożliwiają szybszą analizę danych oraz podejmowanie decyzji, co przyspiesza operacje przedstartowe i proces lotu,
- dzięki zaawansowanym systemom automatyzacji, pilotom łatwiej jest zarządzać lotem, co zmniejsza ich obciążenie i ryzyko błędów,
- cyfrowe systemy nawigacyjne oraz zaawansowane algorytmy obliczeniowe pozwalają na bardziej precyzyjne planowanie lotów, co skutkuje redukcją zużycia paliwa,

- nowoczesne systemy diagnostyczne umożliwiają bieżące śledzenie ich stanu, co pozwala na wczesne wykrycie usterek i ich eliminację przed powstawaniem większych problemów,
- zintegrowane systemy zarządzania lotem, które zastąpiły tradycyjne analogowe przyrządy, pozwoliły na bardziej precyzyjne sterowanie samolotem, co przekłada się na mniejsze turbulencje i płynniejsze manewry - dzięki temu podróż staje się znacznie bardziej komfortowa dla pasażerów.

W miarę jak awionika przechodzi na systemy cyfrowe, zyskuje wiele korzyści, ale również napotyka na pewne wyzwania takie jak: konieczność modyfikacji zakresu szkoleń dla pilotów w kontekście zmian technologicznych - ciągła aktualizacja wiedzy i umiejętności, integracja różnych systemów (niekompatybilne oprogramowanie lub sprzęt mogą prowadzić do zakłóceń w funkcjonowaniu całego statku powietrznego), zagrożenie atakami cybernetycznymi, generowanie dużej ilości odpadów elektronicznych, które, nieodpowiednio przetwarzane, mogą zagrażać środowisku, wytwarzanie nowych technologii wiąże się z wysokim ich zużyciem energii, co w krótkim okresie może wpływać na wzrost emisji CO². W przypadku dwóch ostatnich wyzwań dotyczących środowiska, działania dążące do ich zminimalizowania, mogą być oparte na: wprowadzeniu procesów mających na celu ponowne wykorzystanie materiałów z odpadów elektronicznych, wykorzystaniu energii słonecznej i wiatrowej w zakładach produkcyjnych i na lotniskach oraz opracowywaniu zrównoważonych paliw lotniczych, które będą miały mniejszy wpływ na klimat. Podsumowując można stwierdzić, że przyszłość awioniki, z znacznym stopniem, będzie zdominowana przez innowacje cyfrowe, które napędzane są dynamicznym rozwojem technologii oraz rosnącymi wymaganiami rynku lotniczego.

Przykładem podmiotu gospodarczego zajmującego się awioniką w województwie śląskim jest firma Skydream, która jest wyłącznym dystrybutorem słoweńskiej firmy Kanardia w Polsce. Oferta Skydream obejmuje między innymi przyrządy podstawowe, sztuczne horyzonty oraz panele monitorowania pracy silnika.

Następną grupą technologiczną są **napędy i silniki** stosowane w przemyśle lotniczo-kosmicznym, które są kluczowe dla funkcjonowania samolotów, śmigłowców, rakiet i statków kosmicznych. Można je podzielić na kilka głównych kategorii: silniki stosowane w lotnictwie (tłokowe - stosowane głównie w lekkim lotnictwie cywilnym i wojskowym, np. w małych samolotach, turbinowe - najczęściej wykorzystywane w lotnictwie komercyjnym i wojskowym), silniki stosowane w przemyśle kosmicznym (rakietowe -

wykorzystujące własne źródło utleniacza, co pozwala na pracę w próżni) oraz napędy przyszłości. W ramach opisanej grupy technologicznej zdiagnozowano następujące technologie:

- Silniki odrzutowe w lotnictwie to napędy, które wykorzystują zasadę odrzutu do wytwarzania siły napędowej, niezbędnej do poruszania statku powietrznego. Silniki te są podstawowym napędem w większości współczesnych samolotów pasażerskich, wojskowych oraz odrzutowców. Podstawowe typy silników odrzutowych: turbowentylatorowy (najczęściej stosowany typ silnika w samolotach pasażerskich), turboodrzutowy, turbosprężarkowy, ramjet, scramjet.
- Silniki rakietowe to urządzenia, które umożliwiają napędzanie rakiet, wykorzystując zasadę reakcji. Istnieje kilka typów silników rakietowych, w tym: chemiczne, na paliwo stałe, na paliwo ciekłe.
- Hybrydowe silniki w lotnictwie stają się kluczowym elementem w walce z rosnącymi kosztami paliwa oraz wpływem na środowisko (samoloty hybrydowe emitują znacznie mniej CO² w porównaniu z ich tradycyjnymi odpowiednikami). Dzięki połączeniu tradycyjnych silników odrzutowych z nowoczesnymi systemami elektrycznymi, możliwe jest obniżenie kosztów operacyjnych (osiągnięcie znacznych oszczędności paliwa). Dodatkowo silniki elektryczne generują znacznie mniej hałasu, co poprawia komfort podróży pasażerów. Perspektywy rozszerzenia zastosowania technologii hybrydowych w lotnictwie są ogromne. Przykłady na całym świecie pokazują, że technologia ta rozwija się w błyskawicznym tempie. Prototypy samolotów hybrydowych są już testowane przez czołowych producentów, takich jak Boeing i Airbus. Przewiduje się, że w ciągu najbliższych dwóch dekad ich integracja w komercyjnych samolotach może stać się normą. Kluczowe będzie jednak dalsze inwestowanie w badania nad nowymi materiałami oraz elektrycznymi systemami zasilania⁶.

Na Śląsku działają firmy związane z przemysłem lotniczo-kosmicznym, które specjalizują się w produkcji i serwisie napędów oraz silników lotniczych. Przykładem jest Avio Aero - firma należąca do GE Aerospace - prowadząca działalność w zakresie projektowania, produkcji i obsługi technicznej cywilnych i wojskowych komponentów oraz systemów lotniczych. Avio Aero oferuje innowacyjne rozwiązania technologiczne, które pozwalają klientom sprostać dynamicznym zmianom na rynku, od produkcji addytywnej po nowe technologie przeznaczone do produkcji przekładni mechanicznych, turbin i palników komór

⁶ „Technologie hybrydowe w samolotach pasażerskich”, [www.forum-lotnicze.pl](https://www.forum-lotnicze.pl/technologie-hybrydowe-w-samolotach-pasazerskich/), 18 listopada 2024, <https://www.forum-lotnicze.pl/technologie-hybrydowe-w-samolotach-pasazerskich/>, dostęp 20.03.2025r.

spalania do samolotów i śmigłowców. Główna siedziba i największy zakład produkcyjny znajdują się w Rivalta di Torino, a jeden z zakładów w Bielsku-Białej.

Avio Aero jest światowym liderem w zakresie projektowania i produkcji systemów i podsystemów silników lotniczych. Firma oferuje komponenty i usługi dla najbardziej popularnych silników komercyjnych, takich jak LEAP, GEnx i GE90 oraz bierze udział w programach, które mają zdefiniować przyszłość branży. Przykładem takich działań jest udział w projektach tworzenia GE9X, największego i najmocniejszego na świecie silnika do samolotów komercyjnych, czy też silnika turbośmigłowego Catalyst, pierwszego w 100% europejskiego silnika GE Aviation zaprojektowanego od podstaw.

Dodatkowo, w województwie śląskim funkcjonuje wiele firm z branży hutniczo-metalowej, które mogą współpracować z przemysłem lotniczym, dostarczając niezbędne komponenty i materiały.

Kolejną grupę technologiczną stanowią **materiały i struktury** (lekkie kompozyty oraz stopy metali) stosowane w przemyśle lotniczo-kosmicznym, które muszą charakteryzować się wyjątkową wytrzymałością, odpornością na skrajne warunki oraz niską masą przekładającą się na zużycie paliwa. Na przestrzeni ostatnich lat w tej sferze odnotowano znaczącą transformację dzięki zastosowaniu innowacyjnych materiałów. Wprowadzane rozwiązania nie tylko przyczyniają się do poprawiania osiągnięć statków powietrznych (np. wzrost efektywności aerodynamicznej), ale także wpływają na ich efektywność energetyczną, co jest kluczowe w obliczu rosnących kosztów paliwa oraz regulacji dotyczących ochrony środowiska⁷.

W ramach opisanej grupy technologicznej zdiagnozowano następujące technologie⁸:

- Kompozyty⁹ i materiały lekkie odgrywają kluczową rolę w przemyśle lotniczo-kosmicznym, ponieważ pozwalają na znaczne zmniejszenie masy konstrukcji, co jest jednym z najważniejszych aspektów w projektowaniu i produkcji statków powietrznych oraz kosmicznych. W tym sektorze zmniejszenie masy przekłada się

⁷ „Nowe materiały w konstrukcji samolotów pasażerskich”, <https://www.forum-lotnicze.pl/>, 29 października 2024r., <https://www.forum-lotnicze.pl/nowe-materialy-w-konstrukcji-samolotow-pasazerskich/>, dostęp: 28.03.2025r.

⁸ Radosław Bielewski, Witold Rządkowski, Sławomir Augustyn, Paweł Pyrzanowski, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej 291, Mechanika 87 RUTMech, t. XXXII, z. 87 (3/15), lipiec-wrzesień 2015, s. 203-216, Nowoczesne Materiały Stosowane w Konstrukcjach Lotniczych - Wybrane Problemy oraz Kierunki Rozwoju, <https://doi.prz.edu.pl/pl/pdf/mechanika/148>.

⁹ W 2022r. globalny rynek kompozytów był wyceniany na 112 mld USD, a do 2027 r. ma on stopniowo rosnąć o 8% rocznie. Wzrost ten jest spowodowany zwiększającym się popytem z sektorów energetyki wiatrowej, lotnictwa i obrony oraz motoryzacji i transportu.

bezpośrednio na lepszą efektywność paliwową, większy zasięg, lepszą manewrowość, a także większą ładowność¹⁰. Przykłady materiałów kompozytowych:

- kompozyty węglowe są lekkie, ale jednocześnie wytrzymałe, pozwalają na znaczne obniżenie wagi samolotów, co przekłada się na mniejsze zużycie paliwa i niższe emisje CO² (znajdują zastosowanie w elementach konstrukcyjnych takich jak: skrzydła, wzmocnienia kadłuba, podwozia). Dodatkowo materiały węglowe są mniej podatne na wpływ czynników atmosferycznych, co zmniejsza potrzebę konserwacji oraz posiadają duże możliwości formowania w różne kształty. Rosnące zainteresowanie węglowych kompozytów sprawia, że wiele firm intensyfikuje badania nad ich wykorzystaniem. Przykłady praktycznego zastosowania materiałów węglowych: Boeing 787 Dreamliner (węglowe kompozyty w kadłubie i skrzydłach - zmniejszenie masy o 20% w porównaniu do tradycyjnych materiałów, Airbus A350 (70% kadłuba wykonane z materiałów kompozytowych - poprawa efektywności paliwowej o 25%),
- kompozyty epoksydowe charakteryzują się odpornością na wysokie temperatury oraz korozję (znajdują wykorzystanie w elementach wewnętrznych samolotu),
- kompozyty syntetyczne - ze względu na innowacyjne procesy produkcyjne są bardziej przyjazne dla środowiska, a ich recykling staje się coraz łatwiejszy.

W tym miejscu warto jeszcze wspomnieć o biokompozytach (np. włókno konopne, włókna lniane), które stają się coraz bardziej popularnym rozwiązaniem w branży lotniczej oferującym szereg korzyści mogących zrewolucjonizować konstrukcję samolotów pasażerskich. Dzięki swojej lekkości, wytrzymałości oraz ekologiczności, materiały te zyskują uznanie jako alternatywa dla tradycyjnych kompozytów wykorzystywanych w przemyśle lotniczym. Coraz więcej producentów samolotów eksperymentuje z biokompozytami, wprowadzając je w różnych elementach konstrukcyjnych: wnętrza kabiny (fotele, panele ściennie i elementy wykończeniowe), elementy aerodynamiczne, systemy izolacyjne. Zastosowanie biokompozytów w lotnictwie to nie tylko krok w kierunku efektywności, ale również odpowiedzialności ekologicznej.

- W przemyśle lotniczo-kosmicznym materiały muszą sprostać niezwykle wymagającym warunkom, takim jak skrajne temperatury, ciśnienie, promieniowanie, wibracje, a także wysoka prędkość i obciążenia mechaniczne.

¹⁰ Raport Polski Przemysł Lotniczy - Potencjał i perspektywy rozwoju, https://www.dolinalotnicza.pl/wp-content/uploads/2024/10/Raport_SPPL_Polski-Przemysl-Lotniczy.pdf, s.74-75.

W związku z tym, wykorzystuje się materiały o wyjątkowych właściwościach fizycznych i chemicznych, które zapewniają niezawodność i bezpieczeństwo statków powietrznych i kosmicznych. Oto przegląd materiałów, które są stosowane w przemyśle lotniczo-kosmicznym: stopy tytanu (charakteryzuje się wysoką wytrzymałość na ciepło), stopy aluminium-litowe (wykorzystywane są ze względu na swoją wytrzymałość, lekkość oraz odporność na korozję), stopy niklu, materiały ceramiczne, materiały odporne na promieniowanie, polimery (używane w elementach wnętrza, oferujące większą elastyczność projektowania), materiały termoizolacyjne, materiały do ochrony termicznej, złącza i materiały elektryczne wysokiej niezawodności.

Podsumowując w przemyśle lotniczo-kosmicznym dobór odpowiednich materiałów jest kluczowy, aby zapewnić bezpieczeństwo, wydajność oraz niezawodność w ekstremalnych warunkach. Biorąc pod uwagę rosnącą presję na ograniczenie zużycia paliwa oraz zmniejszanie emisji, przyszłość konstrukcji samolotów wydaje się być zdominowana przez innowacyjne technologie materiałowe. Przewiduje się, że materiałami dominującymi w konstrukcji samolotów staną się zaawansowane kompozyty oraz innowacyjne stopy metali. Dodatkowo warto jeszcze zwrócić uwagę na inne rozwiązania takie jak: nanomateriały, materiały samoregenerujące, które mogą w przyszłości zrewolucjonizować konstrukcje lotnicze poprzez zwiększenie odporności na uszkodzenia, poprawę właściwości mechanicznych oraz w znacznym stopniu poprawić bezpieczeństwo przez naprawę mikrouszkodzeń w czasie rzeczywistym. Wprowadzenie nowych materiałów do konstrukcji samolotów wiąże się jednak z wieloma wyzwaniami, które mogą wpłynąć na proces projektowania (materiały muszą spełniać określone wymagania oraz być wystarczająco wytrzymałe), produkcji (wystąpienie konieczności przystosowania istniejących procesów produkcji, co może wiązać się z dodatkowymi kosztami i czasem potrzebnym na szkolenia pracowników) i certyfikacji (konieczność przeprowadzenia serii kompleksowych testów oraz uzyskania certyfikatów). W związku z powyższym, wiele firm stara się wprowadzać innowacje w sposób zrównoważony, ściśle współpracując z instytucjami certyfikującymi oraz innymi partnerami w branży¹¹.

Przykładami firm z województwa śląskiego, które działają w obszarze materiałów i struktur wykorzystywanych w przemyśle lotniczo-kosmicznym, są:

¹¹ „Nowe materiały w konstrukcji samolotów pasażerskich”, <https://www.forum-lotnicze.pl/>, 29 października 2024r., <https://www.forum-lotnicze.pl/nowe-materialy-w-konstrukcji-samolotow-pasazerskich/>, dostęp: 28.03.2025r.

WB Centrum Kompozytów sp. z o.o. w Czechowicach-Dziedzicach, wcześniej funkcjonujące jako Śląskie Centrum Naukowo-Technologiczne Przemysłu Lotniczego, specjalizujące się w badaniach i rozwoju zaawansowanych struktur kompozytowych dla nowoczesnego przemysłu, w szczególności lotniczego i kosmicznego. Firma świadczy usługi w zakresie projektowania i wytwarzania struktur kompozytowych oraz prowadzi laboratorium badań materiałów, obejmujące próby statyczne i zmęczeniowe konstrukcji.

Wytwórnia Konstrukcji Kompozytowych Andrzej Papiorek założona w 1990 roku, która jest firmą usługową produkującą części samolotów i szybowców. Specjalizuje się w projektowaniu i produkcji wyrobów z kompozytów polimerowych zbrojonych włóknami, a także w budowie oprzyrządowania, prototypowaniu oraz obsłudze i naprawach szybowców i motoszybowców. Wytwórnia jest certyfikowanym producentem lotniczym, posiadającym prawie 7000 m² powierzchni produkcyjnej oraz wyposażenie niezbędne do produkcji kompozytów.

Firma **AP Aircrafts sp. z o.o.** na przestrzeni lat stworzyła około 600 statków powietrznych różnego typu, w tym szybowce, motoszybowce oraz samoloty lekkie i ultralekkie, które latają na sześciu kontynentach. Obecnie dysponuje około 5000 m² powierzchni produkcyjnej i montażowo-magazynowej, wyposażonej w nowoczesne narzędzia, maszyny oraz specjalistyczne kabiny grzewcze, lakiernicze oraz służące do obróbki mechanicznej. Produkuje wysokiej jakości elementy kompozytowe, z których każdy egzemplarz wykonywany jest ręcznie (czasami z pomocą mechaniczną) z najwyższą starannością. AP Aircrafts produkuje zarówno komponenty i podzespoły, jak i gotowe płatowce.

Kolejną grupę technologiczną dla sektora lotniczo-kosmicznego stanowią **technologie kosmiczne**. Jest to szeroka dziedzina obejmująca wszystkie technologie wykorzystywane do eksploracji i wykorzystania przestrzeni kosmicznej. Obejmuje zarówno systemy rakietowe i satelitarne, jak i zaawansowane materiały, napędy oraz technologie komunikacyjne. W ramach opisanej grupy technologicznej zdiagnozowano następujące technologie:

- Projektowanie i produkcja satelitów w przemyśle kosmicznym to zaawansowany proces, który łączy inżynierię, technologie materiałowe, systemy elektroniczne oraz innowacyjne podejścia do testowania, produkcji i uruchamiania satelitów. Z uwagi na ekstremalne warunki panujące w przestrzeni kosmicznej, cały proces musi uwzględniać szereg wymagań technicznych, takich jak odporność na promieniowanie, wibracje, ekstremalne temperatury, ciśnienie, a także

niezawodność przez długie okresy użytkowania. Kluczowe etapy projektowania i produkcji satelitów w przemyśle kosmicznym to: faza koncepcyjna i projektowanie, określenie wymagań i specyfikacji, zespół projektowy (prace nad projektem satelity wymagają współpracy wielu inżynierów z różnych dziedzin), wybór materiałów, faza produkcji, faza wynoszenia i uruchamianie, monitorowanie i konserwacja.

- Technologie stosowane w misjach załogowych i bezzałogowych różnią się znacznie ze względu na różne cele i wymagania tych misji. Misje załogowe wymagają bardziej złożonych systemów podtrzymywania życia, ochrony astronautów przed niebezpiecznymi warunkami oraz systemów nawigacji i komunikacji. Misje bezzałogowe natomiast koncentrują się na autonomicznych systemach nawigacyjnych, napędach o wysokiej efektywności oraz zaawansowanych instrumentach naukowych do badań kosmicznych. Wspólnym mianownikiem dla obu typów misji jest dążenie do maksymalnej niezawodności, efektywności i bezpieczeństwa.
- Napęd kosmiczny w przemyśle kosmicznym jest kluczowym elementem umożliwiającym przemieszczanie obiektów w przestrzeni kosmicznej. Napędy kosmiczne różnią się od tradycyjnych napędów stosowanych w atmosferze, ponieważ w próżni nie ma powietrza ani innych mediów, które mogłyby umożliwić generowanie siły napędowej za pomocą konwencjonalnych mechanizmów. W przemyśle kosmicznym stosuje się różnorodne technologie napędowe (napęd chemiczny, napęd jonowy, napęd elektryczny, napęd na paliwa nuklearne), które są dopasowane do specyficznych potrzeb misji kosmicznych, takich jak eksploracja planet, transport satelitów, misje załogowe czy badania naukowe.

Biorąc pod uwagę powyższe technologie kosmiczne należy zwrócić uwagę, że polski sektor kosmiczny jest wyraźnie zróżnicowany pomiędzy obszar naukowy oraz część przemysłową. Polskie instytucje tworzące system szkolnictwa wyższego i nauki (w sumie kilkadziesiąt ośrodków) mają wieloletnie doświadczenie w działalności kosmicznej i znaczące osiągnięcia w tym obszarze, zwłaszcza w budowie instrumentów badawczych dla misji naukowych i edukacyjnych oraz elementów do satelitów, a także w przetwarzaniu uzyskiwanych z kosmosu danych. Sektor naukowy prowadzi aktywną współpracę międzynarodową z czołowymi ośrodkami w Europie i na świecie. Na szczególną uwagę zasługuje dorobek i osiągnięcia Centrum Badań Kosmicznych PAN, które od ponad 40 lat prowadzi działalność kosmiczną, zarówno w zakresie badań naukowych, jak i rozwoju technologii, uczestnicząc przy tym w wielu ważnych misjach ESA. Inaczej wygląda

przemysłowa część polskiego sektora kosmicznego. To młoda branża, wśród której dominują zdecydowanie małe i średnie przedsiębiorstwa. Jako obszary specjalizacji, w jakich rozwijają się polskie podmioty, w tym podmioty z województwa śląskiego, wymienić można takie dziedziny jak m.in. oprogramowanie kosmiczne i naziemne, mechanika precyzyjna, rozwiązania robotyczne, optyka, optoelektronika, awionika, systemy orientacji na orbicie i korekcji orbity, systemy zasilania, struktury, technologie materiałowe i kompozyty oraz technologie materiałów pędnych. Duży potencjał istnieje także w systemach obserwacji przestrzeni kosmicznej, zarówno optycznych, jak i radarowych. Ponadto polskie firmy oferują dużą liczbę usług opartych na wykorzystaniu technik satelitarnych. W ciągu ostatnich kilku lat powstało wiele innowacyjnych zastosowań w obszarze obrazowania satelitarnego, nawigacji satelitarnej oraz łączności satelitarnej. Potwierdzeniem tego mogą być projekty związane z rozwojem technologii kosmicznych i technik satelitarnych finansowane ze środków krajowych instytucji sektora publicznego pochodzą przede wszystkim z różnych horyzontalnych programów wsparcia oferowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) oraz Narodowe Centrum Nauki (NCN). Zakres tematyczny realizowanych projektów obejmuje takie obszary działalności jak, m.in. satelitarna obserwacja Ziemi, przetwarzanie danych satelitarnych, technologie związane z napędem chemicznym i elektrycznym, technologie i komponenty mikrofalowe na potrzeby łączności, systemy i podsystemy niewielkich satelitów, systemy mechaniczne, testowanie infrastruktury satelitarnej oraz systemy wynoszenia¹².

Poniżej przedstawione zostały przykłady firm działających w regionie, w obszarze technologii kosmicznych:

- **KP Labs**, firma new space, której misją jest przyspieszenie eksploracji kosmosu poprzez rozwój autonomicznych statków kosmicznych i technologii robotycznych. Doświadczenie firmy obejmuje między innymi tworzenie oprogramowania pokładowego, urządzeń do obrazowania hyperspektralnego, algorytmów sztucznej inteligencji oraz wysokowydajnych komputerów.
- **4D Fusion**, firma założona przez inżynierów z Politechniki Śląskiej, wprowadziła w 2024 roku na rynek nową technologię druku przyrostowego. To rozwiązanie otwiera nowe możliwości dla producentów i projektantów zaawansowanych materiałów, materiałów smart, sensorów oraz struktur polimerowych. Firma opracowała innowacyjne rozwiązania, takie jak drukowane sensory,

¹² Raport pt.: Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego, trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym, https://polsa.gov.pl/wp-content/uploads/2021/10/Polski_sektor_kosmiczny_.pdf, s. 21, 28-29.

magnetycznie aktywne polimery oraz szeroką gamę materiałów funkcjonalnych. Oferuje również usługi w zakresie rozwiązywania problemów tam, gdzie dostępne na rynku polimery i technologie druku nie spełniają ambitnych wymagań, na przykład w technologii kosmicznej.

Kolejnym z obszarów technologicznych jest **sztuczna inteligencja (AI) i automatyzacja** mające kluczowe znaczenie dla rozwoju przemysłu lotniczo-kosmicznego, wpływając na bezpieczeństwo, wydajność operacyjną oraz innowacyjność. Oto kilka najważniejszych obszarów zastosowań AI i automatyzacji w tym sektorze:

- projektowanie i optymalizacja statków powietrznych i kosmicznych,
- produkcja i konserwacja predykcyjna,
- autonomiczne systemy lotnicze,
- zarządzanie ruchem lotniczym,
- eksploracja kosmosu i robotyka,
- personalizacja doświadczeń pasażerów.

Technologie zdiagnozowane w ramach opisanej grupy technologicznej:

- Dzięki zastosowaniu sztucznej inteligencji (AI), algorytmów uczenia maszynowego, sensorów i zaawansowanej elektroniki, autonomiczne systemy sterowania pozwalają na podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym, wykonywanie złożonych manewrów oraz minimalizowanie błędów ludzkich.
- Zarządzanie ruchem lotniczym obejmuje szereg technologii i systemów, które umożliwiają kontrolowanie, monitorowanie oraz koordynowanie ruchu samolotów na różnych etapach ich lotu - od startu po lądowanie, a także w przestrzeni powietrznej. W skład tych technologii wchodzi np.:
 - radary i technologie bezradarowe, które są podstawą systemów zarządzania ruchem lotniczym; ich zadaniem jest monitorowanie pozycji samolotów w przestrzeni powietrznej,
 - systemy komunikacji - technologie te obejmują różne systemy łączności, zarówno w przestrzeni powietrznej, jak i na ziemi,
 - systemy zarządzania ruchem w przestrzeni powietrznej,
 - nawigacja satelitarna - dzięki technologii GNSS (Global Navigation Satellite System), samoloty mogą precyzyjnie określać swoje położenie w przestrzeni powietrznej i nawigować w trudnych warunkach atmosferycznych,
 - algorytmy AI w kwestii zarządzania ruchem umożliwiają np.: automatycznie analizować dane o ruchu lotniczym, wykrywać potencjalne konflikty i kolizje w przestrzeni powietrznej, optymalizować trasy i zmniejszać opóźnienia.

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

Ze względu na międzynarodowy charakter transportu lotniczego, systemy zarządzania ruchem lotniczym muszą być interoperacyjne i zgodne z międzynarodowymi standardami.

Przykładem takich działań w regionie jest firma **STORKJET Sp. z o.o.**, która opracowała modele wydajności specyficzne dla ogonów, oparte na sztucznej inteligencji, przewidujące zużycie paliwa w niemal każdych warunkach atmosferycznych i fazach lotu. Średni błąd w przewidywaniu spalania paliwa wynosi zaledwie kilka kilogramów na godzinę lotu, co sprawia, że modele wydajności są najdokładniejsze na rynku. Technologia ta jest obecnie wykorzystywana we wszystkich produktach i usługach StorkJet.

Sztuczna inteligencja i automatyzacja rewolucjonizują przemysł lotniczo-kosmiczny, czyniąc go bardziej efektywnym, bezpiecznym i ekologicznym. Przykładowo, analizując dane dotyczące lotów linii lotniczych, dzięki specjalistycznemu oprogramowaniu, można teraz oszczędzać paliwo i redukować emisję CO², co sprawia, że lotnictwo staje się bardziej wydajne niż kiedykolwiek wcześniej¹³.

Mając na uwadze powyższy zapis rozwój tych technologii będzie kluczowy dla przyszłości lotnictwa komercyjnego, wojskowego i eksploracji kosmosu.

Następna z grup technologicznych to **symulacje i modelowanie** w przemyśle lotniczo-kosmicznym znajdująca zastosowanie w projektowaniu, testowaniu i eksploatacji statków powietrznych oraz systemów kosmicznych. Umożliwiają one przeprowadzanie analiz wirtualnych przed wykonaniem fizycznych prototypów, co obniża koszty i zwiększa bezpieczeństwo.

W ramach opisanej grupy technologicznej zdiagnozowano następujące technologie:

- Symulacje lotów to zaawansowane technologicznie narzędzia, które umożliwiają odwzorowanie rzeczywistych warunków lotu w kontrolowanym, wirtualnym środowisku. Służą one do szkoleń, testowania nowych technologii, projektowania samolotów, a także do analizy różnych scenariuszy lotniczych. Symulacje lotów są wykorzystywane zarówno w przemyśle lotniczym, jak i w nauce, szkoleniu personelu oraz w badaniach operacyjnych.
- Wirtualne testowanie w przemyśle lotniczo-kosmicznym to technologia, która wykorzystuje symulacje komputerowe, modelowanie 3D, rzeczywistość wirtualną (VR), rozszerzoną rzeczywistość (AR) oraz inne narzędzia cyfrowe

¹³ „Sztuczna inteligencja a lotnictwo”, <https://www.easa.europa.eu/pl>, <https://www.easa.europa.eu/pl/light/topics/artificial-intelligence-and-aviation-0>, dostęp: 31.03.2025r.

do przeprowadzania testów i analiz, które normalnie wymagałyby fizycznych prototypów. Dzięki wirtualnym testom możliwe jest znaczne obniżenie kosztów i skrócenie czasu rozwoju nowych technologii, a także przeprowadzanie testów w bardziej kontrolowanych, bezpiecznych i wydajnych warunkach. Wirtualne testowanie jest wykorzystywane w różnych fazach projektowania i produkcji, od koncepcji po gotowe rozwiązania.

Zastosowania symulacji i modelowania obejmują:

- aerodynamikę i dynamikę lotu,
- projektowanie i testowanie materiałów,
- symulatory lotu i szkolenie pilotów,
- modelowanie systemów kosmicznych,
- integrację systemów i cyfrowe bliźniaki,
- testowanie napędów i systemów silnikowych,
- bezpieczeństwo i analizę ryzyka.

W województwie śląskim działa firma **MSP InnTech Sp. z o.o.**, która specjalizuje się w weryfikacji charakterystyk lotnych projektowanych samolotów załogowych. Wykorzystuje do tego celu pomniejszone modele, które zachowują podobieństwo aerodynamiczne, masowe i dynamiczne docelowej konstrukcji. Przeprowadzane kompleksowe badania w locie z użyciem bezzałogowych samolotów badawczych przynoszą wymierne korzyści. Taka metodyka badawcza umożliwia wykrycie, identyfikację i usunięcie ewentualnych wad docelowej konstrukcji już na wczesnym etapie procesu projektowego. Wykorzystanie modeli dynamicznie podobnych przekłada się na znaczące obniżenie kosztów i ryzyka związanego z analogicznymi badaniami dla samolotów załogowych.

Kolejną z grup technologicznych są **zaawansowane systemy produkcji** w sektorze lotniczo-kosmicznym, które odgrywają kluczową rolę w zapewnianiu wysokiej jakości, precyzji oraz efektywności w wytwarzaniu skomplikowanych komponentów wykorzystywanych w produkcji statków powietrznych i kosmicznych. Technologie te obejmują szeroki wachlarz zaawansowanych metod i narzędzi, umożliwiających tworzenie elementów o skomplikowanej geometrii oraz wymagających wysokiej niezawodności. Firmy z branży lotniczej na Śląsku wykorzystują technologię druku 3D, która stała się nieodzownym narzędziem w przemyśle lotniczym, umożliwiając tworzenie prototypów, części zamiennych oraz gotowych elementów maszyn. Przyczynia się to do skrócenia czasu produkcji, obniżenia kosztów i poprawy jakości produktów. W ramach opisanej grupy technologicznej zdiagnozowano następujące technologie:

- Druk 3D, który zyskuje coraz większą popularność w przemyśle lotniczo-kosmicznym. Technologia ta pozwala na tworzenie obiektów warstwa po warstwie na podstawie cyfrowych modeli, przynosi liczne korzyści w produkcji, serwisowaniu oraz projektowaniu komponentów wykorzystywanych w lotnictwie i kosmonautyce. Oto kilka głównych zastosowań druku 3D w badanym sektorze: prototypowanie (możliwość szybkiego tworzenia i testowania prototypów przyspiesza procesy projektowe), produkcja części i komponentów - W tradycyjnych metodach produkcji wytwarzanie skomplikowanych kształtów może być trudne i kosztowne, podczas gdy w technologii druku 3D możliwe jest tworzenie części o skomplikowanej konstrukcji, które są trudne do wyprodukowania tradycyjnymi metodami¹⁴.
- Robotyzacja i automatyzacja w przemyśle lotniczo-kosmicznym odgrywają kluczową rolę w modernizacji produkcji, poprawie jakości, obniżeniu kosztów i zwiększeniu bezpieczeństwa¹⁵. Te technologie są stosowane zarówno w procesach produkcyjnych, jak i w misjach kosmicznych, co pozwala na osiąganie większej precyzji, efektywności i niezawodności. Oto kilka głównych obszarów, w których robotyzacja i automatyzacja mają szczególne znaczenie: produkcja komponentów lotniczych i kosmicznych, automatyzacja procesów produkcji w fabrykach (automatyzacja pozwala na eliminowanie błędów ludzkich i zwiększenie powtarzalności produkcji), testowanie i badania, zastosowanie robotów w przestrzeni kosmicznej, autonomiczne pojazdy i drony, zaawansowana symulacja i kontrola procesów, przemiany w łańcuchu dostaw.

Następną grupę technologiczną stanowi ekologia i zrównoważony rozwój w przemyśle lotniczym i kosmicznym. Obszar ten staje się coraz bardziej istotny, w miarę jak świat stawia czoła wyzwaniom związanym ze zmianami klimatycznymi oraz wyczerpywaniem się zasobów naturalnych. Przemiany te wymagają innowacji technologicznych, nowych podejść do produkcji, eksploatacji i zarządzania odpadami oraz większej odpowiedzialności wobec środowiska¹⁶. Oto niektóre z głównych obszarów, które wpływają na ekologiczny rozwój w tych branżach:

¹⁴ „Produkcja dronów: zrozumienie kosztów, materiałów i metod”, AT-Machining, 8 lutego 2024 r., <https://at-machining.com/pl/drone-manufacturing/>, dostęp 20.03.2025r.

¹⁵ Raport Polski Przemysł Lotniczy - Potencjał i perspektywy rozwoju, https://www.dolinalotnicza.pl/wp-content/uploads/2024/10/Raport_SPPL_Polski-Przemysl-Lotniczy.pdf, s.82.

¹⁶ „Zrównoważony rozwój w transporcie lotniczym i kosmicznym”, Giełda Odpadów Dziennik Gospodarki Obiegu Zamkniętego, 2024-11-06, <https://giełda-odpadow.pl/strefa-wiedzy/zrownowazony-rozwoj/zrownowazony-rozwoj-w-transporcie-lotniczym-i-kosmicznym/>, dostęp 18.03.2025r.

- Lotnictwo jest odpowiedzialne za część emisji gazów cieplarnianych, dlatego temat zrównoważonego rozwoju w tym sektorze jest szczególnie ważny¹⁷. W odpowiedzi na to, przemysł lotniczy podejmuje inicjatywy, takie jak rozwój paliw alternatywnych, elektryfikacja i napędy hybrydowe, zrównoważona produkcja samolotów, optymalizacja tras lotów i zarządzanie ruchem powietrznym.
- Przemysł kosmiczny również znacząco wpływa na środowisko. W tym przypadku również podejmowane są działania na rzecz zrównoważonego rozwoju, takie jak rozwój technologii raketowych, zrównoważona eksploatacja przestrzeni kosmicznej, miniaturyzacja satelitów oraz recykling w przemyśle kosmicznym.

W ramach opisanej grupy technologicznej zdiagnozowano następujące technologie:

- Samoloty elektryczne, które uchodzą za jedne z najbardziej obiecujących rozwiązań w przemyśle lotniczym, szczególnie w kontekście zrównoważonego rozwoju i redukcji emisji gazów cieplarnianych. Choć technologia ta jest wciąż w fazie rozwoju, samoloty elektryczne oferują szereg potencjalnych korzyści, w tym mniejsze koszty operacyjne, cichsze loty i mniejsze oddziaływanie na środowisko¹⁸. Zastosowanie elektryczności w lotnictwie zmienia sposób myślenia o przyszłości transportu lotniczego. Należy jednak pamiętać o wyzwaniach i ograniczeniach jakie stoją przed tego typu rozwiązaniami np.:
 - ograniczany zasięg - obecne technologie akumulatorów, choć szybko się rozwijają, nie oferują jeszcze takiej pojemności, jak paliwa lotnicze; większość samolotów elektrycznych może obecnie latać na stosunkowo krótkie odległości, co czyni je bardziej odpowiednimi do lotów regionalnych, a nie transatlantyckich,
 - waga akumulatorów - akumulatory elektryczne wciąż stanowią duży procent wagi samolotu, co ogranicza jego możliwości transportowe; im większy akumulator, tym cięższy samolot, co wpływa na jego efektywność i zasięg,
 - infrastruktura ładowania - aby samoloty elektryczne mogły być powszechnie wykorzystywane, konieczne jest zbudowanie odpowiedniej infrastruktury do ładowania; wymaga to zarówno rozwoju odpowiednich stacji ładowania na lotniskach, jak i dalszych inwestycji w technologie szybkiego ładowania,

¹⁷ Z danych Komisji Europejskiej wynika, że lotnictwo globalnie przyczynia się do około 2% emisji dwutlenku węgla. Jednak w samej UE, te bezpośrednie emisje odpowiadają za około 14% emisji w sektorze transportu.

¹⁸ „Samoloty przyszłości: Elektryczne samoloty będą przyszłością?”, elektromobilni.pl, 4 października 2024r., <https://elektromobilni.pl/elektryczne-samoloty-beda-przyszloscia/>, dostęp: 18.03.2025r.

- technologia akumulatorów - rozwój akumulatorów, które będą w stanie przechować odpowiednią ilość energii i jednocześnie być lekkie, bezpieczne i trwałe, jest kluczowy; Współczesne akumulatory mają ograniczenia, zwłaszcza w kontekście potrzeb w przemyśle lotniczym, gdzie waga i pojemność są kluczowe.
- Biopaliwa i paliwa syntetyczne w lotnictwie to jedno z kluczowych rozwiązań mających na celu zrównoważenie przemysłu lotniczego, zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i walkę ze zmianami klimatycznymi. Przemysł lotniczy, będący jednym z istotnych źródeł emisji dwutlenku węgla na świecie, staje przed wyzwaniem przekształcenia swojego modelu działania w bardziej ekologiczny sposób. Biopaliwa oferują dużą nadzieję na zmniejszenie wpływu lotnictwa na środowisko, nie rezygnując przy tym z jego dalszego rozwoju.

Krokiem w tym kierunku jest Rozporządzenie SAF (Sustainable Aviation Fuels¹⁹) wprowadzone w ramach pakietu Fit for 55²⁰, które ma na celu promowanie zrównoważonych biopaliw, zamiast tradycyjnych, pochodzących ze źródeł kopalnych. Dostawcy paliwa, począwszy od 2025 r. zapewniać muszą w mieszance paliwowej, dostarczanej operatorom lotniczym odpowiedni odsetek biopaliw, wynoszący na początku 2%, następnie 5% w 2030 r. 20% w 2035 r., 32% w 2040 r., 38% w 2045 r., oraz 63% w 2050 r. Rozporządzenie narzuca także obowiązek dostarczania paliw syntetycznych w mieszance począwszy od 2030 r. (0,7%). W kolejnych latach udział ten będzie rósł, aż w 2050 r. wyniesie 28%.

Tak jak w przypadku samolotów elektrycznych również tutaj występują różnego rodzaju wyzwania, między innymi:

- koszty - biopaliwa lotnicze są obecnie droższe od tradycyjnych paliw kopalnych; produkcja biopaliw na dużą skalę wiąże się z wysokimi kosztami, co może utrudniać ich powszechne wdrożenie w lotnictwie, zwłaszcza w obliczu dużych kosztów operacyjnych w branży,
- skala produkcji: choć potencjał biopaliw jest ogromny, obecnie produkcja SAF wciąż jest niewielka w porównaniu do globalnego zapotrzebowania na paliwa lotnicze; przemiany w skali produkcji i infrastruktury są niezbędne, aby biopaliwa stały się konkurencyjne cenowo i dostępne w dużych ilościach,

¹⁹ Ekologiczne paliwo lotnicze, nazywane także SAF (Sustainable Aviation Fuel) to nowoczesne rozwiązanie ukierunkowane na zmniejszenie emisji dwutlenku węgla z sektora lotniczego. Rozwój produkcji SAF jest podyktowany chęcią ograniczenia emisyjności sektora lotniczego, co jest uregulowane m.in. zapisami pakietu „fit for 55”. Zgodnie z nowymi przepisami, termin „zrównoważone paliwa lotnicze” obejmuje paliwa syntetyczne, niektóre biopaliwa produkowane z pozostałości rolnych lub leśnych, alg, bioodpadów, zużytego oleju spożywczego lub niektórych tłuszczów zwierzęcych.

²⁰ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_2389

- wpływ na środowisko: choć biopaliwa mają mniejsze emisje CO₂ niż paliwa kopalne, ich produkcja może wiązać się z innymi problemami środowiskowymi, takimi jak zużycie ziemi pod uprawy roślin energetycznych, zmniejszenie bioróżnorodności czy wykorzystanie wody.

Biopaliwa w lotnictwie to obiecująca droga do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych i poprawy zrównoważonego rozwoju branży. Choć napotykają one liczne wyzwania związane z kosztami, produkcją i wpływem na środowisko, to ich rozwój jest kluczowy dla przyszłości lotnictwa. W miarę jak technologie produkcji i infrastruktura będą się rozwijać, biopaliwa mogą stać się fundamentem dla ekologicznego transportu lotniczego.

- W przypadku technologii, które mogą przyczynić się do dekarbonizacji lotnictwa i ograniczenia emisji uznano, że wodór (H₂) może odegrać istotną rolę w przyszłych rozwiązaniach w tym zakresie. Przykładem działań w kierunku jego wykorzystywania jest projekt Airbus ZEROe²¹ - koncepcja samolotu hybrydowego napędzanego wodorem, który mógłby wejść do służby już w 2035 r. - lub projekt HYDEA koordynowany przez firmę GE Avio SRL w ramach programu Clean Aviation, skupiający się na sposobach magazynowania, dystrybucji i spalania wodoru. Szacuje się, że przy szerokim wdrożeniu wodoru ma potencjał do redukcji emisji CO₂ w lotnictwie nawet o 50%. Wodór można spalać w zmodyfikowanych silnikach z turbinami gazowymi lub przekształcać w energię elektryczną, która uzupełnia pracę turbiny gazowej. Odbywa się to za pośrednictwem ogniw paliwowych zasilających, oprócz napędu samolotu, także różne systemy pokładowe, przyczyniając się dodatkowo do zwiększenia efektywności energetycznej statków powietrznych²².

W województwie śląskim firma Skydream jest przedstawicielem firmy Pipistrel, która stworzyła pierwszy na świecie samolot elektryczny z certyfikatem EASA-CS-LSA. Ten dwumiejscowy samolot, przeznaczony przede wszystkim do podstawowego szkolenia pilotów (m.in. do licencji PPL), wyróżnia się inowatorskimi technologiami i niskimi kosztami eksploatacji. Dodatkowo stanowi rozwiązanie dla ośrodków szkoleniowych zlokalizowanych w pobliżu aglomeracji miejskich, ponieważ jest mniej uciążliwy dla mieszkańców dzięki niskiemu poziomowi hałasu. Velis Electro, z certyfikatem EASA, otwiera nowy rozdział dla przyszłości lotnictwa bezemisyjnego i ekologicznego.

²¹ „Wodór w lotnictwie”, <https://h2poland.eu/pl/>, <https://h2poland.eu/pl/kategorie/transport/pojazdy-specjalne/wodor-w-lotnictwie/>, dostęp: 31.03.2025 r.

²² Raport Polski Przemysł Lotniczy - Potencjał i perspektywy rozwoju, https://www.dolinalotnicza.pl/wp-content/uploads/2024/10/Raport_SPPL_Polski-Przemysl-Lotniczy.pdf, s.71.

Innym przedstawicielem tej grupy technologicznej w regionie jest firma **SkyTech eLab sp. z o.o. (STeL)**, założona przez zespół pracowników Politechniki Śląskiej Wydziału Mechanicznego Technologicznego zajmujących się badaniami w zakresie nowoczesnych lotniczych konstrukcji lekkich i energooszczędnych elektrycznych systemów napędowych przeznaczonych do zastosowania w lotnictwie, motoryzacji i robotyce mobilnej. Firma ma stanowić pomost między badaniami naukowymi prowadzonymi na uczelniach, a zapotrzebowaniem przemysłu lotniczego, kosmicznego oraz motoryzacyjnego.

Ostatnią z grup technologicznych są **bezzałogowe systemy powietrzne (BSP)**, znane powszechnie jako drony (UAV - Unmanned Aerial Vehicles), to statki powietrzne operujące bez załogi na pokładzie, sterowane zdalnie lub działające autonomicznie. Są one wykorzystywane w różnych sektorach, od wojskowości po zastosowania cywilne i komercyjne²³. W województwie śląskim działa wiele firm z tej grupy technologicznej przemysłu lotniczo-kosmicznego.

W ramach opisanej grupy technologicznej zdiagnozowano następujące technologie:

- Systemy napędowe i energetyczne w dronach odgrywają kluczową rolę w ich wydajności, zasięgu, czasie lotu i zdolnościach operacyjnych. Technologie te są dostosowywane w zależności od zastosowania dronów – od modeli hobbystycznych, przez drony komercyjne, aż po te wykorzystywane w celach wojskowych i przemysłowych. Poniżej wskazane zostały najpopularniejszych systemy napędowe i energetyczne, które są wykorzystywane w dronach:

Systemy napędowe w dronach:

- napędy elektryczne (silniki bezszczotkowe) są najczęściej stosowane w dronach, zarówno w wersjach komercyjnych, jak i wojskowych; silniki te oferują wysoką sprawność, niezawodność, cichą pracę oraz niski koszt produkcji,
- napędy spalinowe są rzadziej stosowane, ale znajdują zastosowanie w dużych dronach, które potrzebują dużej mocy i długiego czasu lotu; silniki te są wykorzystywane w dronach o dużym udźwigu lub w dronach przeznaczonych do transportu,
- napędy hybrydowe - w niektórych przypadkach drony wykorzystują hybrydowe systemy napędowe, które łączą silnik elektryczny i spalinowy; silnik spalinowy napędza generator, który zasila silniki elektryczne.

²³ Raport Polski Przemysł Lotniczy - Potencjał i perspektywy rozwoju, https://www.dolinalotnicza.pl/wp-content/uploads/2024/10/Raport_SPPL_Polski-Przemysl-Lotniczy.pdf, s.76.

Systemy energetyczne w dronach:

- baterie litowo-polimerowe (LiPo) to najczęściej stosowane źródło energii w dronach, szczególnie w modelach komercyjnych i hobbystycznych; charakteryzują się stosunkowo wysoką gęstością energii i szybkim czasem ładowania,
- baterie litowo-jonowe (Li-ion) są stosowane w większych dronach, które wymagają dłuższego czasu lotu i większej stabilności energetycznej; baterie Li-ion mają mniejszą gęstość energii niż LiPo, ale są bardziej trwałe i bezpieczne,
- wodorowe ogniwa paliwowe to technologia rozwijająca się w dronach o długim zasięgu; drony napędzane ogniwami paliwowymi mogą latać przez długi czas, a ich głównym "paliwem" jest wodór, który może być przechowywany w postaci gazowej,
- superkondensatory są wykorzystywane w niektórych dronach do szybkiego magazynowania i uwalniania energii, zwłaszcza w aplikacjach wymagających dużych chwilowych skoków mocy (np. przy starcie lub manewrach).

Rozwój dronów będzie w dużej mierze zależał od postępów w technologii napędu i przechowywania energii. Potencjalne kierunki rozwoju to: lepsze baterie, zwiększona efektywność ogniw paliwowych, napędy hybrydowe. Dzięki tym innowacjom, drony w przyszłości będą jeszcze bardziej wydajne i wszechstronne, a ich zastosowanie rozszerzy się na nowe obszary przemysłowe, wojskowe i cywilne.

- Awionika i systemy sterowania w dronach są istotne dla ich funkcjonowania, zarówno w kontekście lotów autonomicznych, jak i zdalnego sterowania. Awionika odnosi się do systemów elektronicznych i technologicznych w statkach powietrznych, które umożliwiają ich kontrolę, komunikację, nawigację oraz zapewniają bezpieczeństwo. W przypadku dronów, awionika i systemy sterowania są znacznie bardziej zminiaturyzowane, ale nadal pełnią podobną rolę, jak w większych samolotach. Do podstawowych komponentów awioniki w dronach i UAV możemy zaliczyć²⁴:
 - Systemy nawigacyjne są niezbędne do ich sprawnego działania, zapewniając im precyzyjność, stabilność i autonomię. Wykorzystanie różnych technologii – od GPS, przez systemy inercyjne, po zaawansowane systemy wizyjne – pozwala dronom na realizację coraz bardziej skomplikowanych misji w różnych środowiskach. W przyszłości drony będą coraz bardziej

²⁴ „Awionika w lotnictwie bezzałogowym: Drony i UAV”, <https://www.forum-lotnicze.pl/>, 24 września 2024, <https://www.forum-lotnicze.pl/awionika-w-lotnictwie-bezzałogowym-drony-i-uav/>, dostęp 21.03.2025r.

zaawansowane, a ich systemy nawigacyjne będą bardziej niezawodne i precyzyjne, umożliwiając nowe zastosowania w różnych dziedzinach.

- Komunikacja i transmisja danych mają wpływ na działanie dronów, szczególnie w zastosowaniach komercyjnych, wojskowych, ratunkowych czy przemysłowych, gdzie wymagana jest szybka i niezawodna wymiana informacji pomiędzy dronem a jego operatorem lub innymi urządzeniami. Drony używają różnych technologii i systemów do przesyłania danych, takich jak sygnały sterujące, dane telemetryczne, obrazy z kamer, czy informacje o statusie drona. Nowoczesne drony wymagają nie tylko efektywnej komunikacji, ale także zapewnienia odpowiednich zabezpieczeń dla przesyłanych danych, co jest istotne w kontekście bezpieczeństwa misji oraz ochrony prywatności.
- Sensory i kamery w dronach są niezwykle ważnymi elementami, które umożliwiają dronom wykonywanie różnorodnych zadań, takich jak monitoring, inspekcje, nawigacja, zbieranie danych czy mapowanie terenu. Dzięki tym urządzeniom drony mogą zbierać informacje o otoczeniu, analizować je w czasie rzeczywistym i podejmować odpowiednie decyzje.

Doprecyzowując:

- Kamery są podstawowym narzędziem w dronach wykorzystywanych do monitoringu, fotografii, filmowania i inspekcji. W zależności od misji, kamery mogą mieć różne specyfikacje, np. rozdzielczość, możliwość obracania, stabilizację obrazu czy technologie umożliwiające nagrywanie w trudnych warunkach oświetleniowych.
 - Wykorzystanie różnego rodzaju sensorów umożliwia dronom orientację w przestrzeni, unikanie przeszkód, monitorowanie środowiska oraz zapewnienie bezpieczeństwa w trakcie lotu. Sensory są kluczowe dla autonomii dronów, szczególnie w zastosowaniach profesjonalnych.
- Systemy bezpieczeństwa w dronach są istotnym elementem zapewniającym ich bezpieczne użytkowanie, zarówno w kontekście ochrony osób i mienia, jak i zapewnienia, że dron wykonuje swoje zadania w sposób niezawodny i w kontrolowany sposób. Drony, zwłaszcza te używane w zastosowaniach profesjonalnych, przemysłowych, wojskowych oraz komercyjnych, wymagają zaawansowanych systemów bezpieczeństwa, które pomagają w unikaniu kolizji, awarii technicznych, a także w zapewnieniu zgodności z przepisami i normami.

- Sztuczna inteligencja (SI) i algorytmy uczenia maszynowego (ML) w dronach stanowią fundament rozwoju nowoczesnych dronów, pozwalając im na wykonywanie bardziej zaawansowanych i autonomicznych zadań. Dzięki integracji z systemami sztucznej inteligencji, drony są w stanie podejmować decyzje w czasie rzeczywistym, optymalizować swoje działania, unikać przeszkód, a także adaptować się do zmieniających się warunków otoczenia²⁵.
- Zastosowanie specjalistycznych materiałów w dronach zapewnia im odpowiednie właściwości mechaniczne, wytrzymałościowe oraz operacyjne. W miarę jak drony stają się coraz bardziej zaawansowane, wykorzystanie nowoczesnych materiałów staje się jednym z głównych czynników wpływających na ich efektywność, trwałość i możliwości operacyjne. Specjalistyczne materiały w dronach są wykorzystywane zarówno w konstrukcji zewnętrznej, jak i wewnętrznych komponentach, takich jak silniki, akumulatory czy systemy elektroniczne²⁶.

FLYTRONIC S.A. jest wiodącym polskim ośrodkiem projektującym i produkującym specjalistyczne bezzałogowe systemy powietrzne. Prowadzone w firmie badania przemysłowe i prace rozwojowe w zakresie elektroniki, informatyki oraz mechaniki lotniczej charakteryzują się innowacyjnością na skalę światową.

W regionie funkcjonują również ośrodki szkoleniowe z zakresu obsługi bezzałogowych systemów powietrznych, Takie jak **DRON.edu.pl**, ogólnopolska sieć ośrodków szkoleniowych, która specjalizuje się w szkoleniach z zakresu obsługi bezzałogowych statków powietrznych, oferując wiedzę i umiejętności niezbędne do komercyjnego wykorzystania dronów. Szkolenia obejmują zarówno uzyskanie uprawnień państwowych, jak i specjalistyczne kursy dostosowane do potrzeb profesjonalistów.

Województwo śląskie, z uwagi na swoją historię przemysłową oraz rozwiniętą infrastrukturę, stało się ważnym punktem na mapie polskiego sektora technologii lotniczych i przemysłu kosmicznego. Analiza charakterystyki grup technologicznych oraz przykładów firm działających w tym obszarze pozwala na wyciągnięcie kilku kluczowych wniosków:

²⁵ „Drony a sztuczna inteligencja: Rozwój algorytmów AI”, DRON.edu.pl, <https://dron.edu.pl/drony-a-sztuczna-inteligencja-rozwoj-algorytmow-ai/>, dostęp 24.03.2025r.

²⁶ Tomasz Muszyński, Małgorzata Kmiotek, Adrian Kordos, Daniel Ficek, „Zastosowanie stopów metali lekkich w bezzałogowych statkach powietrznych”, https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-b7701a19-90e0-4229-8cdb-6c5b350bed78/c/42-49_MUSZYNSKI_KMIOTEK_art.nauk.pdf, dostęp 25.03.2025r.

- **Silne zaplecze przemysłowe:** Śląsk posiada dobrze rozwiniętą infrastrukturę przemysłową, co sprzyja rozwojowi firm technologicznych. W regionie znajdują się zakłady produkcyjne, centra badawczo-rozwojowe oraz uczelnie techniczne, które dostarczają wykwalifikowanej kadry.
- **Współpraca międzysektorowa:** Wiele firm w regionie współpracuje z uczelniami oraz instytutami badawczymi, co sprzyja innowacjom i transferowi technologii. Tego rodzaju partnerstwa są kluczowe dla rozwoju nowoczesnych rozwiązań w lotnictwie i przemyśle kosmicznym.
- **Zróżnicowanie technologiczne:** Firmy działające w tym obszarze oferują różnorodne produkty i usługi - od zaawansowanych systemów awioniki, przez materiały kompozytowe, po technologie satelitarne. To zróżnicowanie świadczy o elastyczności i zdolności do adaptacji do zmieniających się potrzeb rynku.
- **Inwestycje w badania i rozwój:** Wiele firm z branży lotniczej i kosmicznej inwestuje znaczące środki w badania i rozwój, co pozwala na wprowadzanie innowacyjnych rozwiązań oraz zwiększa konkurencyjność na rynku międzynarodowym.
- **Wyzwania związane z regulacjami:** Przemysł lotniczy i kosmiczny podlega rygorystycznym regulacjom. Firmy muszą dostosowywać swoje procesy i produkty do wymogów środowiskowych, bezpieczeństwa i standardów jakości, co może stanowić wyzwanie, ale również stwarza możliwości dla rozwoju technologii spełniających te normy.
- **Rola klastrów i inkubatorów technologicznych:** W regionie funkcjonują klastry i inkubatory, które wspierają rozwój startupów i innowacyjnych przedsięwzięć. Tego rodzaju wsparcie jest kluczowe dla młodych firm, które chcą zaistnieć na rynku.
- **Globalizacja i konkurencja:** Firmy z województwa śląskiego muszą zmagać się z rosnącą konkurencją na rynku globalnym. Dlatego istotne jest ciągłe doskonalenie technologii oraz poszukiwanie nowych rynków zbytu.
- **Współpraca z uczelniami wyższymi:** Firmy z sektora technologii lotniczych i kosmicznych często współpracują z uczelniami technicznymi, co sprzyja wymianie wiedzy oraz dostosowywaniu programów nauczania do potrzeb rynku pracy. Warto zauważyć, że uczelnie powinny ciągle aktualizować swoje programy, aby przygotować studentów na dynamicznie zmieniające się wymagania branży.
- **Kształcenie specjalistów:** Sektor lotniczy i kosmiczny wymaga wysoko wykwalifikowanej kadry inżynierskiej oraz technicznej. Uczelnie powinny kształcić specjalistów w takich dziedzinach jak inżynieria lotnicza, mechanika, elektronika czy informatyka, aby zapewnić odpowiednią bazę kadrową dla rozwijających się firm.

- **Programy stażowe i praktyki:** Wspieranie studentów poprzez programy stażowe i praktyki w firmach technologicznych pozwala na zdobycie doświadczenia praktycznego i lepsze zrozumienie realiów pracy w tej branży. Firmy mogą również zyskać świeże spojrzenie na swoje projekty oraz potencjalnych pracowników.
- **Inwestycje w badania i rozwój:** Przemysł lotniczy i kosmiczny opiera się na innowacjach, dlatego ważne jest wsparcie dla badań i rozwoju. Uczelnie, współpracując z przemysłem, mogą prowadzić badania, które odpowiadają na konkretne wyzwania technologiczne, co w konsekwencji przyczynia się do wzrostu konkurencyjności regionu.
- **Edukacja techniczna na poziomie podstawowym i średnim:** Wzmacnianie podstaw edukacji technicznej w szkołach podstawowych i średnich jest kluczowe. Wprowadzenie programów promujących naukę przedmiotów ścisłych oraz technologii już na wczesnym etapie kształcenia może przyczynić się do zwiększenia zainteresowania młodzieży pracą w branży lotniczej i kosmicznej.
- **Wsparcie dla startupów i innowacyjnych firm:** W regionie warto tworzyć inkubatory i akceleratory dla startupów technologicznych, które mogą stymulować rozwój innowacji w obszarze lotnictwa i kosmosu. Takie inicjatywy mogą przyciągnąć młodych przedsiębiorców oraz inwestycje.
- **Zróżnicowanie oferty edukacyjnej:** Uczelnie powinny oferować różnorodne ścieżki kształcenia, w tym studia podyplomowe i kursy zawodowe, które odpowiadają na potrzeby rynku. Warto również rozwijać programy interdyscyplinarne łączące różne dziedziny wiedzy.
- **Promocja kariery w przemyśle technologii lotniczych i kosmicznych:** Warto prowadzić działania promujące kariery w tych sektorach, aby przyciągnąć młodych ludzi, którzy mogą mieć potencjał do pracy w tych dynamicznie rozwijających się dziedzinach.

Podsumowując, województwo śląskie ma silny potencjał w obszarze technologii lotniczych i przemysłu kosmicznego, jednak wymaga dalszych inwestycji, innowacji oraz współpracy wewnątrz sektorowej, aby w pełni wykorzystać swoje możliwości. Dodatkowo istotna jest ścisła współpracy między edukacją a przemysłem, aby stworzyć odpowiednie warunki do rozwoju zasobów ludzkich, które będą stanowić odpowiedź na pojawiające się innowacje w obszarze technologii lotniczych i kosmicznych w województwie śląskim.

1.3 Analiza konkurencyjności obszaru technologicznego

1.3.1 Opis przyjętych metod

Model pięciu Sił Portera jest wszechstronnym narzędziem analizy konkurencyjności, które można zastosować w różnych sektorach, w tym w obszarze technologii lotniczych i przemysłu kosmicznego. Analiza ta umożliwiła identyfikację kluczowych czynników wpływających na konkurencyjność w badanym obszarze, co jest istotne dla zrozumienia dynamiki rynku oraz identyfikacji możliwości rozwoju. W kontekście technologii lotniczych i kosmicznych analiza ta pozwoliła na określenie:

- warunków popytu na technologie,
- możliwości pojawienia się nowych technologii, produktów i usług,
- możliwości pojawienia się substytutów dla rozwijanych technologii, produktów i usług,
- zależności i łańcuchów wartości rozwoju technologii w ramach obszaru,
- intensywność konkurencji na rynku wdrażania technologii.

1.3.2 Analiza warunków popytu na technologie w ramach obszaru technologicznego

Identyfikacja podmiotów gospodarczych wdrażających nowe rozwiązania / technologie / współpracujących z „regionalnymi dostawcami technologii” wyróżniających się na tle kraju/UE i zgłaszające zapotrzebowanie na nowe rozwiązania

W województwie śląskim działają firmy zaangażowane w przemysł lotniczy i kosmiczny, które są innowacyjne i współpracują z regionalnymi dostawcami technologii. Oto kilku kluczowych graczy:

WB Centrum Kompozytów sp. z o.o. (dawniej Śląskie Centrum Naukowo-Technologiczne Przemysłu Lotniczego) - z siedzibą w Czechowicach-Dziedzicach, firma ta specjalizuje się w zaawansowanych strukturach kompozytowych, stanowiących kluczowy element dla przemysłu lotniczego i kosmicznego. Jako jedyny kwalifikowany polski dostawca struktur kosmicznych WB Centrum Kompozytów nie tylko produkuje, ale również oferuje usługi w zakresie projektowania prototypów oraz testowania materiałów i struktur.

FLYTRONIC S.A. - wiodący polski ośrodek, który projektuje specjalistyczne bezzałogowe systemy powietrzne. Prowadzone w firmie badania przemysłowe i prace rozwojowe w zakresie elektroniki, informatyki oraz mechaniki lotniczej charakteryzują się innowacyjnością na skalę światową.

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

KP Labs Sp. z o.o. - firma new space, której misją jest przyspieszenie eksploracji kosmosu przez rozwój autonomicznych statków kosmicznych i technologii robotycznych. Obszar działalności firmy obejmuje m.in. tworzenie oprogramowania pokładowego, urządzeń do obrazowania hiperspektralnego, algorytmów sztucznej inteligencji oraz wysokowydajnych komputerów.

Jak można zauważyć profile działalności wyszczególnionych firm charakteryzują się wysokim stopniem innowacyjności.

Zachodzące zmiany rynkowe i trendy technologiczne

W obszarze technologii lotniczych i kosmicznych obserwuje się szereg ważnych trendów, które wpływają na popyt na innowacje. Trendy w branży lotniczej i kosmicznej przedstawia poniższa tabela.

Tabela 2 Trendy występujące w branży lotniczo-kosmicznej.

Trendy w branży LOT-KOS
Szybki rozwój materiałów i komponentów posiadających potencjalne możliwości zastosowań w branży lotniczo-kosmicznej (w tym nanomateriałów, materiałów kompozytowych oraz technologii wytwarzania materiałów).
Dalszy, postępujący od lat 90-tych, rozwój automatyzacji, robotyzacji, a także cyfryzacji, technologii wirtualnych i technologii rozszerzonej rzeczywistości we wszystkich obszarach branży LOT-KOS - od prac B+R i projektowania, przez produkcję, montaż (z wyłączeniem sektora kosmicznego), eksploatację, serwisowanie, aż po szkolenia i wsparcie pracowników w codziennych zadaniach stanowiskowych.
Postępujący rozwój technologii napędów elektrycznych i wodorowych w lotnictwie, którego pierwszym etapem będzie wdrożenie i popularyzacja napędów hybrydowych.
Dalsze, realizowane od lat 90-tych, zmiany w organizacji i przebiegu procesów produkcyjnych w związku z ograniczaniem substancji niebezpiecznych dla środowiska naturalnego oraz wzrostem świadomości dotyczących ochrony zdrowia (fizycznego i psychicznego) pracowników.
Rosnące możliwości wykorzystania dużych zbiorów danych (poprzez rozwój infrastruktury obliczeniowej) w celu optymalizowania procesów zachodzących w branży (np. technologicznych, biznesowych).
Postępujący rozwój i rosnąca powszechność wykorzystania systemów bezzałogowych.
Upowszechnienie się wirtualnej kontroli lotów bezzałogowych w ramach koncepcji U-Space (integracja statków bezzałogowych i lotnictwa załogowego).
Wzrost możliwości zastosowań w licznych dziedzinach gospodarki usług wykorzystujących

nawigację i obserwację satelitarną. Jednocześnie coraz powszechniejsze wchodzenie do sektora kosmicznego firm dotychczas nie prowadzących w nim działalności - obniżenie progu wejścia do branży jako cecha charakterystyczna koncepcji Space 4.0.

Rozwój miejskiej mobilności powietrznej.

Źródło: P. Urbanowicz, A. Rybkowski, N. Sotdyga, B. Belica, M. Stec, Raport *Branżowy Bilans Kapitału Ludzkiego II - Branża przemysł lotniczo-kosmiczny* (Raport z II edycji badań), s.26.

Branże gospodarki rozwijające obszar technologiczny

Branża lotniczo-kosmiczna to jeden z najbardziej innowacyjnych sektorów, który rozwija się w odpowiedzi na globalne wyzwania, takie jak zrównoważony rozwój, bezpieczeństwo oraz potrzeba efektywności operacyjnej. Oto kluczowe obszary, które kształtują ten sektor:

- **Produkcja statków powietrznych i kosmicznych**

Obejmuje projektowanie i produkcję samolotów, śmigłowców, dronów, rakiet, statków kosmicznych oraz ich komponentów. Firmy zajmujące się tym sektorem często łączą zaawansowane technologie inżynierskie i produkcyjne, np. w zakresie materiałów kompozytowych, napędów czy systemów awioniki.

- **Technologie napędu**

Rozwój napędów raketowych, silników odrzutowych, silników elektrycznych do dronów, a także technologii napędu w kosmosie, np. silników jonowych. Współczesne rozwiązania w tej branży zmieniają sposób podróży w powietrzu i przestrzeni kosmicznej.

- **Infrastruktura kosmiczna**

Rozwój infrastruktury do wspierania działalności kosmicznych, w tym budowa i obsługa satelitów, stacji kosmicznych, systemów nawigacyjnych (GPS), a także rozwój technologii komunikacyjnych związanych z przestrzenią kosmiczną.

- **Drony i bezzałogowe systemy powietrzne (UAV)**

Branża związana z bezzałogowymi statkami powietrznymi zyskuje na znaczeniu, nie tylko w lotnictwie cywilnym, ale także w rolnictwie, logistyce, ochronie środowiska, geodezji, a także w służbach ratunkowych czy wojskowych.

- **Big Data i sztuczna inteligencja**

Technologie związane z przetwarzaniem dużych zbiorów danych (Big Data) oraz sztuczną inteligencją (AI) mają ogromne znaczenie w analizie danych pochodzących z misji kosmicznych, obserwacji satelitarnych, a także w optymalizacji procesów inżynierskich w produkcji statków powietrznych.

- **Nauka i technologie materiałowe**

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

Postęp w dziedzinie materiałów o wysokiej wytrzymałości, takich jak kompozyty, materiały odporne na ekstremalne warunki panujące w atmosferze i przestrzeni kosmicznej. To także rozwój technologii ochrony przed promieniowaniem kosmicznym i innymi zagrożeniami.

- **Cyfryzacja i technologie komunikacyjne**

Branża cyfrowa dostarcza innowacje w zakresie komunikacji satelitarnej, systemów nawigacyjnych, zarządzania ruchem lotniczym oraz bezpieczeństwa w przestrzeni powietrznej i kosmicznej.

- **Recykling i zrównoważony rozwój w lotnictwie i kosmonautyce**

Wzrost znaczenia zrównoważonego rozwoju sprawia, że branże lotnicze i kosmiczne zaczynają badać technologie zmniejszające wpływ na środowisko, takie jak napędy elektryczne, biopaliwa czy technologie odzyskiwania i recyklingu sprzętu kosmicznego.

Wszystkie te branże współpracują ze sobą, tworząc ekosystem innowacji w sektorze lotniczo-kosmicznym, który z kolei staje się fundamentem rozwoju nowych technologii.

Zgłaszany popyt na technologie, produkty i usługi przez rynek (przemysł/usługi), w tym wymagań branżowych odnoszących się do innowacji technologicznych np. zmieniające się preferencje konsumentów, zależności technologiczne, regulacje prawne czy rosnące zainteresowanie zrównoważonym rozwojem, cyfryzacją

Popyt na innowacyjne technologie, produkty i usługi w przemyśle lotniczo-kosmicznym jest kształtowany przez szereg czynników technologicznych, ekonomicznych i regulacyjnych. Kluczowe trendy obejmują dążenie do zwiększenia efektywności operacyjnej, poprawy bezpieczeństwa, autonomizacji procesów oraz dostosowania się do coraz bardziej rygorystycznych norm środowiskowych i regulacyjnych. Branża koncentruje się na rozwoju zaawansowanych materiałów, wykorzystaniu sztucznej inteligencji, wdrażaniu autonomicznych systemów, innowacjach w technologiach rakietowych oraz doskonaleniu metod produkcji i bezpieczeństwa. Dodatkowo, rosnące zainteresowanie zrównoważonym rozwojem oraz cyfryzacją wpływa na kształtowanie nowych wymagań i standardów w sektorze.

Konkurencja w sektorze lotniczo-kosmicznym

Firmy z branży lotniczo-kosmicznej działające w województwie śląskim funkcjonują w dynamicznie rozwijającym się sektorze, który charakteryzuje się rosnącą konkurencją zarówno na poziomie krajowym, jak i międzynarodowym. W Polsce systematycznie zwiększa się liczba przedsiębiorstw zaangażowanych w projekty lotnicze i kosmiczne, co intensyfikuje rywalizację na rynku krajowym.

Główne źródła konkurencji dla śląskich firm z branży lotniczo-kosmicznej

1. Podmioty zagraniczne - Czechy i Niemcy

- **Czeski sektor lotniczy** posiada kilka kluczowych przewag konkurencyjnych:
 - mniej restrykcyjne wymagania certyfikacyjne oraz uproszczone procedury ich uzyskiwania, długa tradycja w projektowaniu i produkcji samolotów wojskowych, cywilnych oraz komponentów lotniczych,
 - specjalizacja w niszowych segmentach takich jak produkcja lekkich samolotów oraz elementów do dużych samolotów pasażerskich, co przekłada się na wysoką jakość i konkurencyjne ceny,
 - rozwinięty system kształcenia technicznego, z uczelniami takimi jak Czeski Uniwersytet Techniczny w Pradze oraz Brno University of Technology, zapewniający wykwalifikowaną kadrę inżynierów i techników dla sektora lotniczego,
 - niższe koszty pracy niż w krajach Europy Zachodniej, co pozwala firmom na oferowanie atrakcyjnych cen przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości,
 - dynamiczny rozwój technologii bezzałogowych statków powietrznych (UAV), które znajdują zastosowanie w sektorze wojskowym i cywilnym,
 - korzystne położenie geograficzne ułatwiające eksport produktów do krajów UE, a także do Azji i Ameryki.
- **Niemiecki sektor lotniczy** jest jednym z najbardziej rozwiniętych na świecie, co stawia polskie firmy, w tym te zlokalizowane na Śląsku, w sytuacji konkurencji na wielu płaszczyznach. Niemieckie przedsiębiorstwa dysponują zaawansowaną technologią, znacznymi zasobami finansowymi oraz szerokimi sieciami dystrybucji, co może stanowić wyzwanie dla śląskich firm działających w branży lotniczej.

2. Dolina Lotnicza

Największym krajowym konkurentem jest Dolina Lotnicza, klaster przemysłu lotniczego zlokalizowany w południowo-wschodniej Polsce. Skupia ponad 200 podmiotów, w tym producentów komponentów lotniczych, ośrodki naukowo-badawcze oraz zaplecze edukacyjne i szkoleniowe. Siedziba stowarzyszenia grupy przedsiębiorców przemysłu lotniczego "Dolina Lotnicza" znajduje się w Rzeszowie. Głównym celem Doliny Lotniczej jest umocnienie roli południowo-wschodniej Polski jako jednego z wiodących w Europie regionów przemysłu lotniczego, a realizuje go poprzez:

- organizację i rozwijanie efektywnego łańcucha dostawców,
- stworzenie dogodnych warunków do rozwoju przedsiębiorstw przemysłu lotniczego w regionie,
- dalszy rozwój badań, umiejętności i kwalifikacji w zakresie lotnictwa,

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

- współpracę i rozwój przemysłu lotniczego i uczelni wyższych, które będą promować nowe koncepcje oraz rozwijać sektor badawczo-rozwojowy w przemyśle lotniczym,
- promocję polskiego przemysłu lotniczego,
- wspieranie przedsiębiorstw z przemysłu lotniczego,
- wpływanie na politykę gospodarczą polskiego rządu w kwestiach związanych z przemysłem lotniczym.

Zadania szczegółowe klastra koncentrują się na polepszaniu istniejącej bazy produkcyjnej, tworzeniu trwałej i niezawodnej sieci poddostawców oraz efektywnego kosztowo łańcucha dostawców, przyciąganiu inwestorów zagranicznych, rozwijaniu współpracy z innymi europejskimi ośrodkami przemysłu lotniczego, promowaniu współpracy przemysłu lotniczego z uczelniami technicznymi, instytutami naukowymi i jednostkami badawczymi.

1.3.3 Identyfikacja możliwości pojawienia się nowych technologii, produktów i usług

Przewagi badań, rozwoju i innowacji (B+R+I) województwa śląskiego

Województwo śląskie odgrywa istotną rolę w polskim sektorze lotniczo-kosmicznym, wyróżniając się na tle kraju i Unii Europejskiej w zakresie badań, rozwoju i innowacji (B+R+I).

Kluczowe atuty regionu:

- Rozwinięta sieć poddostawców i kooperantów w branży lotniczej.
- Wysoka jakość oferowanych produktów oraz wysoko wykwalifikowana kadra inżynierska, w tym absolwenci Politechniki Śląskiej.
- Konkurencyjne koszty produkcji i pracy.
- Intensywny rozwój edukacji i szkoleń, m.in. dla pilotów oraz operatorów dronów.
- Rosnąca aktywność firm w zakresie badań i rozwoju.
- Obecność klastra lotniczego wspierającego działalność B+R+I.

Działalność klastra lotniczego na Śląsku obejmuje:

1. Współpracę z instytucjami biznesowymi, finansowymi oraz jednostkami naukowymi i badawczo-rozwojowymi.
2. Wsparcie transferu technologii z sektora B+R do przemysłu.
3. Pomoc w pozyskiwaniu funduszy na działalność badawczo-rozwojową i innowacyjną.
4. Udostępnianie nowoczesnej infrastruktury badawczej.

Dodatkowo, Bielski Park Technologiczny Lotnictwa, Przedsiębiorczości i Innowacji pełni funkcję centrum wspierającego rozwój branży lotniczej w regionie. Obejmuje

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

m.in. zarządzanie lotniskiem EPKW Kaniów oraz przyległymi terenami, w tym halami produkcyjnymi.

Sektor kosmiczny w województwie śląskim

Polska, w tym województwo śląskie, posiada bogate tradycje w sektorze kosmicznym i aktywnie uczestniczy w międzynarodowych projektach badawczo-technologicznych.

- W 2012 r. Polska dołączyła do **Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA)**, co umożliwiło firmom i naukowcom pełne uczestnictwo w programach kosmicznych.
- W 2014 r. powołano **Polską Agencję Kosmiczną (POLSA)**, której zadaniem jest wspieranie badań i rozwoju technologii kosmicznych.
- Na Śląsku działa **Klaster Technologii Kosmicznych**, który współpracuje z ekosystemem **Idei 3W** w celu rozwijania innowacyjnych rozwiązań i wzmacniania pozycji polskiego sektora kosmicznego na świecie.

Identyfikacja potencjału B+R+I - kierunków prowadzonych badań, posiadanej wiedzy, przykładów wdrożeń przez regionalne podmioty

Najważniejszą jednostką naukową w regionie w kontekście badań i rozwoju technologii lotniczych jest **Politechnika Śląska**, a w szczególności **Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej**.

Poniżej przedstawione zostały Obszary badawcze będące przedmiotem specjalizacji Wydziału Transportu i Inżynierii Lotniczej (Katedry Transportu Lotniczego) przedstawiono w tabeli.

Tabela 3 Obszary badawcze Wydziału Transportu i Inżynierii Lotniczej (Katedry Transportu Lotniczego)

Obszary badawcze	
- nowoczesne technologie w lotnictwie cywilnym,	- ekosferycznych systemów bezzałogowych,
- systemy automatyzacji vs. poziom bezpieczeństwa realizacji zadań lotniczych,	- systemy nawigacji satelitarnej w transporcie lotniczym,
- nowoczesne technologie w badaniu atmosfery ziemskiej,	- oddziaływanie transportu na środowisko realizacji zadań operacyjnych,
- systemy informatycznego wsparcia w lotnictwie,	- badania modelowe i doświadczalne układów napędowych,
- systemy napędowe konstrukcji lotniczych,	- energy harvesting,
- badania konstrukcyjne silników lotniczych,	- nieliniowa dynamika układów

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

mechanicznych,	
- badania konstrukcyjne silników lotniczych,	- metody numeryczne w mechanice (FEM, MBD),
- badania właściwości użytkowych materiałów i powłok ochronnych,	- bezpieczeństwo systemów lotniczych,
- diagnostyka techniczna w transporcie,	- systemy monitorowania bezpieczeństwa energetycznych linii przesyłowych,
- implementacja technik i technologii satelitarnych w działaniach operacyjnych,	- badania incydentów i wypadków lotniczych,

Źródło: <https://www.polsl.pl/rt/start/badania/obszary-badawcze/>

W kontekście technologii lotniczych i przemysłu kosmicznego warto również wspomnieć o **Wydziale Mechanicznym Technologicznym**, który dysponuje nowoczesnymi laboratoriami przemysłowymi i prowadzi badania w kluczowych obszarach, takich jak **sztuczna inteligencja i przetwarzanie danych oraz materiały przyszłości**. Obszary te mają istotny wpływ na rozwój nowoczesnych technologii w lotnictwie i przemyśle kosmicznym.

Tematyka badawcza: Ultralekkie i wysoko odporne materiały w konstrukcjach motoryzacyjnych i lotniczych

Główne kierunki badań realizowanych w obszarze **ultralekkich i wysoko odpornych materiałów** obejmują:

- **Wytwarzanie, charakterystykę oraz aplikację materiałów lekkich**, w tym kompozytowych zawierających komponenty mikro- i makrostrukturalne, np. włókna węglowe o podwyższonych właściwościach użytkowych.
- **Rozwój kompozytów metalowo-ceramicznych**, przeznaczonych do pracy w warunkach wysokich obciążeń, zwłaszcza w węzłach tarcia.
- **Opracowywanie lekkich kompozytów polimerowych** oraz kompozytów żywicznych z nanokomponentami piezoelektrycznymi, umożliwiającymi monitorowanie konstrukcji.
- **Badania nad materiałami wykazującymi efekt pamięci kształtu**, stosowanymi w kompozytach polimerowych.

Naukowcy z **Politechniki Śląskiej** prowadzą również prace nad projektowaniem, syntezą i charakterystyką **nowoczesnych materiałów ceramicznych** o ultra niskim przewodnictwie cieplnym, bazujących na cyrkonianach, ceranach, hafnianach, niobianach i tantalach pierwiastków ziem rzadkich.

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

W zakresie nowych technologii wytwarzania metali i ich stopów realizowane są badania nad:

- **Stopami metali lekkich o średniej i wysokiej entropii (HEA).**
- **Materiałami gradientowymi (FGM - Functionally Graded Materials),** stosowanymi m.in. do aktywnej kontroli hałasu.

Współpracując z przemysłem lotniczym, **Politechnika Śląska** prowadzi badania nad:

- **Zaawansowanymi technikami kształtowania elementów z żarowytrzymałych i żaroodpornych nadstopów niklu** metodą hydroformingu.
- **Spawaniem i napawaniem nowoczesnych stopów metali lekkich,** w celu określenia możliwości ich łączenia, regeneracji i naprawy wad powstałych w procesie odlewniczym.
- **Zastosowaniem technologii laserowych, zgrzewania z mieszaniem w stanie stałym (FSW)** oraz nowoczesnych procesów klejenia.

Materiały i technologie opracowywane przez naukowców **Politechniki Śląskiej** wykraczają poza obecnie znane i stosowane rozwiązania, co stwarza szerokie możliwości wpływu na światową naukę i kształtowanie przyszłych trendów w obszarze technologii materiałowych.

Kluczowe podmioty działające na rzecz rozwoju technologii lotniczych i przemysłu kosmicznego

WB Centrum Kompozytów sp. z o.o. - założona w 2012 roku spółka pełni rolę ośrodka innowacyjności oferując usługi w zakresie rozwoju i produkcji struktur kompozytowych w technologii autoklawowej. Firma dysponuje laboratorium badań materiałów oraz infrastrukturą technologiczną wspierającą klientów na każdym etapie procesu - od projektowania po produkcję gotowych elementów. Główne kompetencje spółki obejmują wytwarzanie lekkich struktur kompozytowych w technologii autoklawowej jak również paneli strukturalnych do statków kosmicznych z poszyciem CFRP oraz z blachy aluminiowej do produkcji statków kosmicznych i powietrznych.

Misją spółki jest wdrożenie technologii autoklawowej stosowanej w lotnictwie także w innych sektorach m.in. motoryzacyjnym, jachtowym, kolejowym oraz w produkcji elementów turbin wiatrowych - wszędzie tam, gdzie niezbędne jest połączenie optymalnych parametrów mechanicznych i użytkowych struktury lub jej elementów z zachowaniem bezpieczeństwa końcowego użytkownika.

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

FLYTRONIC S.A. jest wiodącym polskim ośrodkiem projektującym i produkującym specjalistyczne bezzałogowe systemy powietrzne. Prowadzone w firmie badania przemysłowe i prace rozwojowe w zakresie elektroniki, informatyki oraz mechaniki lotniczej charakteryzują się innowacyjnością na skalę światową.

W GRUPIE WB spółka pełni funkcję ośrodka badawczo-rozwojowego w dziedzinie systemów obserwacyjno-rozpoznawczych bazujących na bezzałogowych platformach latających. Spółka posiada unikalne w skali światowej kompetencje w następujących obszarach:

- Projektowanie i produkcja bezzałogowych platform latających.
- Projektowanie i programowanie systemów kontroli i sterowania lotem.
- Projektowanie i programowanie systemów transmisji danych.
- Projektowanie i produkcja głowic obserwacyjnych.

KP Labs Sp. z o.o jest spółką New Space, której celem jest przyspieszenie eksploracji kosmosu poprzez rozwój autonomicznej obsługi misji kosmicznych i technologii robotycznej. Firma jest kompleksowym dostawcą, oferującym zintegrowany pakiet sprzętu, oprogramowania i algorytmów opracowanych we własnym zakresie do przetwarzania danych na pokładzie satelitów. Obecnie KP Labs realizuje ponad 25 projektów dla ESA, NASA i podmiotów prywatnych, aktywnie uczestnicząc w misjach kosmicznych w ramach międzynarodowych konsorcjów. Firma zatrudnia około 80 specjalistów i posiada status Centrum Badawczo Rozwojowego nadany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

1.3.4 Identyfikacja możliwości pojawienia się substytutów dla rozwijanych technologii, produktów, usług

Identyfikacja istniejących barier wejścia na rynek nowych technologii

Wejście na rynek nowych technologii w przemyśle lotniczo-kosmicznym na Śląsku, podobnie jak w innych wysoko zaawansowanych sektorach, wiąże się z szeregiem barier, które mogą znacząco utrudniać rozwój nowych podmiotów. Przemysł lotniczy i kosmiczny charakteryzuje się wysokimi wymaganiami technologicznymi, rygorystycznymi normami jakości oraz długim cyklem rozwoju i certyfikacji produktów, co stanowi istotne wyzwanie dla nowych firm i instytucji badawczych. Szczegółowe zestawienie głównych barier wejścia na rynek przedstawiono w poniższej tabeli

Tabela 4 Bariery wejścia na rynek nowych technologii

Barier wejścia na rynek nowych technologii
Wysokie wymagania kapitałowe: Rozpoczęcie działalności w tym sektorze wymaga

znaczących nakładów finansowych na zakup specjalistycznego sprzętu, budowę infrastruktury oraz inwestycje w badania i rozwój. Koszty te mogą stanowić istotną przeszkodę dla nowych firm.

Dostęp do zaawansowanych technologii i know-how: Branża lotniczo-kosmiczna opiera się na zaawansowanych technologiach oraz specjalistycznej wiedzy, które często są chronione patentami i tajemnicami handlowymi. Nowe firmy muszą zainwestować w rozwój własnych technologii lub pozyskać odpowiednich ekspertów, co może być czasochłonne i kosztowne.

Bariery regulacyjne i certyfikacyjne: Przemysł lotniczo-kosmiczny jest ściśle regulowany przez krajowe i międzynarodowe przepisy dotyczące bezpieczeństwa, jakości oraz ochrony środowiska. Spełnienie tych wymogów może być skomplikowane i kosztowne dla nowych podmiotów.

Konkurencja ze strony ugruntowanych firm: Na rynku działają już duże przedsiębiorstwa z ugruntowaną pozycją, które dysponują znacznymi zasobami finansowymi, technologicznymi oraz rozwiniętymi sieciami dystrybucji. Nowe firmy muszą konkurować z nimi, co może być trudne bez odpowiedniego wsparcia i strategii.

Dostęp do finansowania i inwestorów: Pomimo rosnącego zainteresowania inwestorów sektorem kosmicznym, pozyskanie finansowania na wczesnym etapie rozwoju firmy może być wyzwaniem. Inwestorzy często obawiają się długiego okresu zwrotu z inwestycji oraz wysokiego ryzyka związanego z nowymi technologiami.

Źródło: Źródło: Opracowanie własne na podstawie konsultacji z ekspertami branżowymi.

Wszystkie wymienione bariery sprawiają, że rozwój nowych technologii w przemyśle lotniczo-kosmicznym wymaga ścisłej współpracy między sektorem publicznym, uczelniami technicznymi oraz podmiotami prywatnymi. Kluczowe znaczenie ma dostęp do finansowania z funduszy krajowych i europejskich, tworzenie wspólnych centrów badawczo-rozwojowych oraz rozwój polityk wspierających innowacyjne start-upy i spin-offy technologiczne.

Identyfikacja podmiotów (np. start-up) wprowadzających rewolucyjne lub nowe rozwiązania i technologie zastępujące dotychczasowe stosowane lub wdrażane

Na Śląsku działają podmioty wprowadzające innowacyjne technologie w przemyśle lotniczo-kosmicznym np. WB Centrum Kompozytów sp. z o.o., FLYTRONIC S.A. Poniżej przedstawione zostały przykładowe produkty/usługi wyżej wymienionych firm:

Bezzałogowy System Powietrzny FT5 (FLYTRONIC S.A.)

FT5 to nowatorska konstrukcja cechująca się prostotą logistyki i obsługi a jednocześnie długotrwałością lotu. Bezzałogowy System Powietrzny FT5 charakteryzuje się dwusilnikową konstrukcją znacznie zwiększającą niezawodność i tym samym gwarancję wykonania misji.

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

FT5 może być wyposażony w głowice optoelektroniczne, sensory COMINT/ELINT, detektory rozpoznawania skażeń a także uzbrojenie.

System FT5 może być wykorzystywany do:

- Misji wywiadowczych
- Obserwacji pola walki
- Konwojowania
- Monitorowania skutków katastrof
- Patrolowania granic państw
- Modułowa konstrukcja FT5 ułatwia transport. Gotowość do startu osiągana jest ciągu ok 30 minut. Zastosowana technologia zapewnia w pełni autonomiczny start oraz lądowanie.

Bezzałogowy System Powietrzny FT5 jest platformą nośną, standardowo wyposażoną w głowice optoelektroniczne (obserwacyjne), lekkie systemy rozpoznania radioelektronicznego i sensory rozpoznawania skażeń. Dwie kamery Bezzałogowego Systemu Powietrznego FT5 w głowicy (kamera światła dziennego oraz termowizyjna) umożliwiają obserwację terenu w dwóch zakresach pasma. W zależności od zastosowania istnieje możliwość modyfikacji wyposażenia systemu zgodnie z indywidualnymi potrzebami. Rozwiązanie to jest kolejny, po odnoszącym ogromne sukcesy systemie bezzałogowym FLYEYE, produkt w ofercie bezzałogowych systemów powietrznych Grupy WB.

WB Centrum Kompozytów sp. z o. o., świadczy usługi badawczo - rozwojowe na rzecz przedsiębiorców w obszarze wdrażania i wytwarzania struktur z zaawansowanych kompozytów dla nowoczesnego przemysłu - wszędzie tam, gdzie konieczne jest zastosowanie lekkich i jednocześnie wytrzymałych materiałów - czyli przede wszystkich dla lotnictwa (samolotów, szybowców i dronów) oraz dla przemysłu kosmicznego. Infrastrukturę technologiczną Centrum można podzielić na dwa zasadnicze elementy - tj.: laboratorium struktur kompozytowych, które zajmuje się projektowaniem i wytwarzaniem kompletnych struktur kompozytowych dla przemysłu, laboratorium badań materiałów, którego zakres prac badawczych obejmuje próby statyczne i zmęczeniowe kompletnych konstrukcji lub ich elementów. Stosowane technologie: TD 20 Structures & Pyrotechnics, TD 24 Material & Processes, TD 25 Quality, Dependability and Safety.

Choć wymienione podmioty nie są start-upami, odgrywają kluczową rolę w wprowadzaniu innowacyjnych technologii zastępujących tradycyjne rozwiązania w przemyśle lotniczo-kosmicznym na Śląsku.

Identyfikacja technologii zastępujących dotychczas rozwijane technologie

W przemyśle lotniczo-kosmicznym na Śląsku obserwuje się dynamiczny rozwój nowoczesnych technologii, które zastępują tradycyjne rozwiązania. Kluczową rolę w tym procesie odgrywa WB Centrum Kompozytów sp. z o.o. Firma ta specjalizuje się w projektowaniu i wytwarzaniu zaawansowanych struktur kompozytowych, głównie dla przemysłu lotniczego i kosmicznego. Zastosowanie kompozytów pozwala na tworzenie lżejszych i jednocześnie wytrzymałych elementów konstrukcyjnych, co stanowi nowoczesną alternatywę dla tradycyjnych materiałów.

WB Centrum Kompozytów sp. z o.o. jest obecnie jedynym w Polsce kwalifikowanym dostawcą struktur kompozytowych dla przemysłu kosmicznego. Firma uczestniczyła w realizacji kontraktów na produkcję paneli strukturalnych dla satelitów telekomunikacyjnych oraz brała udział w projektowaniu i wytwarzaniu modułu ogniskowej dla misji ATHENA.

Innym istotnym podmiotem w regionie jest KP Labs Sp. z o.o., specjalizująca się w rozwijaniu technologii związanych z przetwarzaniem danych na pokładzie satelitów oraz autonomiczną obsługą misji kosmicznych. Ich innowacyjne podejście do analizy danych w czasie rzeczywistym zastępuje tradycyjne metody przetwarzania informacji, zwiększając efektywność i niezawodność systemów kosmicznych. Firma zaangażowana jest w projekt budowy satelity Intuition-1. Celem tej misji jest przeprowadzenie obserwacji Ziemi z wykorzystaniem instrumentu hiperspektralnego oraz zaawansowanego przetwarzania danych na pokładzie, opartego na głębokich sieciach neuronowych. Intuition-1 będzie pierwszym na świecie satelitą o takiej mocy przetwarzania, co pozwoli na segmentację obrazów hiperspektralnych bezpośrednio na orbicie.

Inne projekty rozwojowe realizowane przez KP Labs obejmują między innymi innowacyjne systemy, takie jak **Antelope**, nowoczesny komputer pokładowy, oraz **Leopard**, jednostka przetwarzania danych. Te technologie, które korzystają z zaawansowanej sztucznej inteligencji i algorytmów uczenia maszynowego, odgrywają kluczową rolę w rozwoju misji satelitarnych. Komputer pokładowy Antelope zwiększa niezawodność i efektywność operacyjną satelitów, zarządzając ich funkcjami w trudnych warunkach kosmicznych, podczas gdy Leopard przetwarza dane na orbicie, co pozwala na szybsze i dokładniejsze reagowanie na zmiany środowiskowe obserwowane z Ziemi.

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

Dzięki takim inicjatywom, Śląsk staje się ważnym ośrodkiem innowacji w dziedzinie nowoczesnych technologii lotniczo-kosmicznych, zastępując tradycyjne metody produkcji bardziej zaawansowanymi i efektywnymi rozwiązaniami.

1.3.5 Identyfikacja zależności i łańcuchów wartości rozwoju technologii w ramach obszaru technologii

Identyfikacja podmiotów rywalizujących oraz współpracujących z regionalnymi dostawcami technologii

Województwo śląskie staje się coraz bardziej istotnym ośrodkiem rozwoju technologii lotniczych i kosmicznych w Polsce. W regionie działa wiele podmiotów, które nie tylko współpracują w zakresie innowacji, ale również rywalizują na rynkach krajowym i międzynarodowym. Identyfikacja zarówno firm współpracujących, jak i konkurencyjnych pozwala lepiej zrozumieć dynamikę rynku oraz mechanizmy wspierające rozwój sektora. Kluczowe znaczenie ma tutaj integracja przemysłu, uczelni oraz centrów badawczo-rozwojowych, co sprzyja wdrażaniu nowoczesnych technologii i zwiększa konkurencyjność regionu.

Przykładem tego jest firma **SKYDREAM Sp. z o. o.**, która jest przedstawicielem firmy Pipistrel - światowego lidera w produkcji samolotów ultralekkich. Rozwijając działalność nawiązała współpracę z firmą JMB Aircraft, uzyskując wyłączną dystrybucję modelu VL-3 w Polsce, a następnie niedługo po tym do oferty firmy dołączył również prestiżowy producent samolotów Bristell. Do tej pory na polski rynek zostało wprowadzonych już ponad 100 nowych samolotów, odgrywając kluczową rolę w popularyzacji nowoczesnych statków powietrznych w Polsce. Firma prowadzi aktywną współpracę z innymi podmiotami z branży lotniczej w regionie, szczególnie w obszarze technologii i innowacji.

W województwie śląskim firmy z branży lotniczej często współpracują ze sobą w celu lepszego dostosowania się do potrzeb rynku i reagowania na dynamicznie zmieniające się wymagania technologiczne. Rywalizacja natomiast odbywa się głównie na poziomie ponadregionalnym - kluczowymi konkurentami są podmioty z innych województw oraz zagraniczne firmy, szczególnie z **Czech, Niemiec i Republiki Południowej Afryki**.

Analiza podmiotów współpracujących i konkurujących w obszarze technologii lotniczo-kosmicznych w województwie śląskim wskazuje na silne powiązania pomiędzy przedsiębiorstwami a sektorem naukowym i badawczo-rozwojowym. Firmy działające w regionie wykazują dużą otwartość na współpracę, co sprzyja transferowi technologii

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

i wdrażaniu innowacyjnych rozwiązań. Jednocześnie konkurencja na poziomie ponadregionalnym oraz międzynarodowym motywuje podmioty do stałego podnoszenia jakości oferowanych technologii i produktów. Dalszy rozwój tego sektora w województwie śląskim będzie uzależniony od skutecznej współpracy pomiędzy przedsiębiorstwami, uczelniami i instytucjami badawczymi oraz od zdolności firm do konkurencji na rynkach międzynarodowych.

Identyfikacja czynników zakłócających i wspierających rozwój technologii w ramach obszaru technologicznego

W województwie śląskim funkcjonuje dynamicznie rozwijający się ekosystem przedsiębiorstw i instytucji zaangażowanych w sektor lotniczo-kosmiczny. Według danych Polskiej Agencji Kosmicznej (POLSA), polskie firmy działają w takich obszarach jak robotyka, automatyka, mechatronika, systemy zasilania urządzeń pokładowych, systemy optyczne i komunikacyjne dla satelitów oraz oprogramowanie testujące systemy i podsystemy obiektów wynoszonych na orbitę. Na Śląsku obecne są podmioty, które uczestniczą w tych segmentach rynku - zarówno jako dostawcy technologii, jak i konkurenci, co wpływa na rozwój i konkurencyjność branży w regionie.

Istotnym czynnikiem wspierającym rozwój technologii lotniczo-kosmicznych są klastry lotnicze, które umożliwiają współpracę pomiędzy firmami, jednostkami badawczymi i uczelniami. W województwie śląskim działają inicjatywy tego typu, integrujące podmioty w zakresie transferu wiedzy, innowacji oraz wdrażania nowych technologii. Klastry te sprzyjają nie tylko efektywnej kooperacji, ale również stymulują konkurencję, co wpływa na wzrost jakości i innowacyjności rozwijanych rozwiązań.

Podsumowując, rozwój sektora lotniczo-kosmicznego w województwie śląskim zależy od szeregu czynników, które mogą zarówno sprzyjać jego ekspansji, jak i stanowić bariery dla dalszego wzrostu. Klastry i współpraca międzysektorowa odgrywają kluczową rolę w przyspieszaniu innowacji i wdrażaniu nowych rozwiązań technologicznych. Jednocześnie, rywalizacja na poziomie krajowym i międzynarodowym, dostęp do wykwalifikowanych kadr oraz infrastruktury badawczej stanowią istotne aspekty determinujące tempo rozwoju branży. Szczegółowe informacje dotyczące czynników wspierających i zakłócających rozwój technologii w regionie zostały zestawione w tabeli.

Tabela 5 Czynniki wspierające oraz zakłócające rozwój technologii lotniczo-kosmicznych

Czynniki wspierające rozwój technologii	Czynniki zakłócające rozwój technologii
Dostęp do wykwalifikowanej kadry: • Obecność uczelni technicznych	Brak koordynacji i strategii: • Niedostateczna koordynacja działań

i instytutów badawczych w regionie sprzyja kształceniu specjalistów w dziedzinie inżynierii lotniczej i kosmicznej.	oraz brak spójnej strategii rozwoju sektora kosmicznego w Polsce mogą prowadzić do rozproszenia działań i niewykorzystania dostępnych zasobów.
Infrastruktura przemysłowa: • Śląsk, z uwagi na swoje przemysłowe dziedzictwo, dysponuje rozwiniętą infrastrukturą, która może być zaadaptowana do potrzeb sektora lotniczo-kosmicznego.	Ograniczone środki finansowe: • Niski poziom inwestycji w badania i rozwój w porównaniu z innymi krajami może hamować innowacyjność i rozwój nowych technologii.
Wsparcie instytucjonalne: 1. Członkostwo Polski w Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) oraz działalność Polskiej Agencji Kosmicznej (POLSA) stwarzają możliwości dla lokalnych firm i instytucji do udziału w międzynarodowych projektach kosmicznych.	Niedostateczna współpraca międzysektorowa: 2. Ograniczona współpraca między przemysłem, uczelniami a instytucjami rządowymi może prowadzić do niewykorzystania potencjału regionu w zakresie technologii lotniczo-kosmicznych.
Dostęp do funduszy europejskich: • Programy takie jak Horyzont Europa oferują finansowanie dla projektów badawczo-rozwojowych w dziedzinie technologii kosmicznych.	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie konsultacji z ekspertami branżowymi.

Pomimo zdefiniowanych wyzwań, sektor lotniczo-kosmicznym w województwie śląskim stopniowo zwiększa swoją konkurencyjność na arenie międzynarodowej.

1.3.6 Intensywność konkurencji na rynku wdrażania technologii

Charakter rynku w obrębie obszaru technologicznego, z uwzględnieniem uwarunkowań występującej konkurencji

Sektor lotniczo-kosmiczny odgrywa istotną rolę w polskiej gospodarce, co wynika z długoletniej tradycji lotniczej, uznanej na arenie międzynarodowej jakości produktów, konkurencyjnych kosztów produkcji oraz rozwiniętego systemu edukacji i szkoleń.

W województwie śląskim obserwuje się intensywną współpracę pomiędzy przedsiębiorstwami zajmującymi się produkcją i dystrybucją szybowców, samolotów lekkich oraz ultralekkich. Kooperacja ta dotyczy zarówno obszaru materiałowego,

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

jak i kapitału ludzkiego. Z kolei zidentyfikowana, silna konkurencja występuje szczególnie ze strony podmiotów zagranicznych, głównie z Czech i Niemiec. Istotnym czynnikiem konkurencyjnym jest ponadto działalność stowarzyszenia grupy przedsiębiorców przemysłu lotniczego "Dolina Lotnicza", które zrzesza ponad 200 podmiotów i stanowi silny ośrodek przemysłu lotniczego w południowo-wschodniej Polsce.

Charakter współpracy we wdrażaniu technologii z przedsiębiorstwami

Wdrożenia technologii w województwie śląskim opierają się na współpracy przedsiębiorstw z sektorem naukowo-badawczym oraz organizacjami branżowymi. Region ten, dzięki rozwiniętemu przemysłowi i zapleczu badawczo-rozwojowemu, aktywnie uczestniczy w krajowych i międzynarodowych inicjatywach technologicznych z obszaru przemysłu lotniczego i kosmicznego.

Na poziomie krajowym, Ministerstwo Rozwoju i Technologii, we współpracy z Polską Agencją Kosmiczną (POLSA) oraz organizacjami branżowymi, opracowało Krajowy Program Kosmiczny na lata 2023-2027. Program ten ma na celu wsparcie przedsiębiorstw w sektorze kosmicznym, w tym finansowanie prac badawczo-rozwojowych oraz wdrożeniowych w zakresie kluczowych technologii. Istotnym jego elementem jest rozwój kadr poprzez zwiększenie liczby absolwentów kierunków technicznych, co ma być osiągnięte między innymi dzięki kształceniu dualnemu oraz kierunkom zamawianym, dostosowanym do potrzeb sektora.

Dodatkowo, w październiku 2022 roku w Polsce powstało Centrum Inkubacji Przedsiębiorczości ESA (ESA BIC), które wspiera rozwój start-upów związanych z przemysłem i usługami kosmicznymi. Choć jego siedziby znajdują się w Warszawie i Rzeszowie, inicjatywa ta może również stanowić impuls dla przedsiębiorstw z województwa śląskiego do angażowania się w projekty kosmiczne.

Współpraca w regionie śląskim koncentruje się na integracji potencjału przemysłowego z zapleczem naukowym, co sprzyja tworzeniu innowacyjnych rozwiązań w przemyśle lotniczo-kosmicznym. Dzięki temu przedsiębiorstwa z tego obszaru mają szansę na aktywny udział w międzynarodowych projektach oraz włączanie się w globalne łańcuchy dostaw sektora kosmicznego.

Przykłady dobrych i złych praktyk z perspektywy komercjalizacji i wdrożeń technologii

Komercjalizacja i wdrożenie technologii lotniczych to proces, który wymaga odpowiednich strategii, podejść i najlepszych praktyk. W kontekście technologii lotniczych, zarówno z perspektywy dobrych, jak i złych praktyk, istnieje kilka aspektów, które mają kluczowe znaczenie.

Dobre praktyki w komercjalizacji technologii lotniczo-kosmicznych obejmują:

- **Strategiczną współpracę z ośrodkami badawczo-rozwojowymi** - umożliwia efektywne wykorzystanie wyników badań i ich implementację w przemyśle.
- **Dbłość o zrównoważony rozwój i inwestycje w innowacje** - prowadzenie badań nad nowymi materiałami oraz technologiami produkcyjnymi zwiększa konkurencyjność regionu.
- **Wdrożenie systemów certyfikacji i norm jakościowych** - gwarantuje spełnianie międzynarodowych standardów, co ułatwia ekspansję na zagraniczne rynki.

Złe praktyki, które mogą ograniczać rozwój technologii, to:

1. **Brak współpracy między sektorem prywatnym a nauką** - ogranicza możliwość wdrażania nowych rozwiązań.
2. **Niedostateczna infrastruktura badawcza i technologiczna** - może utrudniać testowanie i certyfikację nowych technologii.
3. **Nieadekwatne strategie komercjalizacyjne** - nieuwzględnianie wymagań rynku może prowadzić do trudności w implementacji innowacyjnych rozwiązań.

Kluczem do sukcesu jest połączenie innowacyjności z odpowiednim podejściem do bezpieczeństwa, rynku oraz współpracy między różnymi podmiotami w regionie.

Podaż i popytu prac B+R+I oraz ich wyników

Przemysł lotniczo-kosmiczny na Śląsku odgrywa istotną rolę w krajowej gospodarce, a prace badawczo-rozwojowe i innowacyjne (B+R+I) są kluczowe dla jego rozwoju. Popyt na tego rodzaju prace wynika z potrzeby wdrażania nowoczesnych technologii oraz utrzymania konkurencyjności na rynkach międzynarodowych.

Na Śląsku funkcjonują przedsiębiorstwa oraz instytucje naukowe (np. Politechnika Śląska) zaangażowane w sektor lotniczo-kosmiczny. Działania te skupiają się na pozyskiwaniu wiedzy na temat potrzeb sektora, wpływie na kształtowanie zasobów kompetencji m.in. poprzez obszary edukacji oraz rynku pracy, a także wspieraniu podmiotów sektora we wzajemnej współpracy (Śląski Klaster Lotniczy).

Podaż prac B+R+I w regionie jest wspierana przez obecność uczelni technicznych oraz instytutów badawczych (np. Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk), które kształcą specjalistów w dziedzinach związanych z przemysłem lotniczo-kosmicznym. Współpraca między sektorem edukacji a przemysłem umożliwia realizację projektów badawczych oraz transfer wiedzy i technologii.

Wyniki prac B+R+I dla przemysłu lotniczo-kosmicznego na Śląsku obejmują między innymi rozwój nowoczesnych technologii, takich jak druk 3D komponentów z metali, wdrażanie innowacyjnych rozwiązań w silnikach i przekładniach lotniczych oraz tworzenie oprogramowania do sterowania silnikami.

Podsumowując, na Śląsku istnieje znaczący potencjał w zakresie prac B+R+I w przemyśle lotniczo-kosmicznym, wynikający z synergii między przedsiębiorstwami, instytucjami badawczymi oraz jednostkami edukacyjnymi. Kontynuacja i intensyfikacja tych działań przyczynia się do dalszego rozwoju sektora oraz wzrostu jego konkurencyjności na arenie międzynarodowej.

1.3.7 Podsumowanie

Rozwój technologii w sektorze lotniczo-kosmicznym w województwie śląskim zależy od wielu czynników, w tym warunków popytu, potencjału technologicznego regionu oraz możliwości pojawienia się nowych technologii substytucyjnych. Kluczowe znaczenie mają również zależności wynikające z łańcucha wartości oraz intensywność rywalizacji między podmiotami działającymi w branży. Województwo śląskie charakteryzuje się wysokim poziomem współpracy między przedsiębiorstwami oraz instytucjami badawczo-rozwojowymi, a także rosnącym zainteresowaniem ze strony podmiotów zagranicznych i krajowych.

Rysunek 1 Podsumowanie analizy 5 sił dla obszaru technologicznego [Technologie lotnicze i przemysł kosmiczny]

Warunki popytu na technologie	Potencjał technologiczny regionu	Możliwości pojawienia się nowych technologii (substytutów)	Zależności i łańcuchy wartości rozwoju technologii	Intensywność rywalizacji między konkurentami
- Firmy wdrażające nowe technologie oraz współpracują z regionalnymi dostawcami technologii: WB Centrum Kompozytów, FLYTRONIC S.A. KP Labs Sp. z o.o. - Trendy w branży LOT-KOS: Szybki rozwój materiałów i komponentów, rozwój technologii napędów elektrycznych i wodorowych, rozwój	Przewagi B+R+I obszaru w odniesieniu do kraju/UE: rosnące tendencje do prowadzenia przez firmy prac badawczo-rozwojowych oraz istnienie klastra lotniczego, który wspiera swoich członków w zakresie B+R+I, Bielskim Park Technologiczny Lotnictwa koncentrujący się na wspieraniu rozwoju dziedzin	- Istniejące barier wejścia na rynek nowych technologii: Wysokie wymagania kapitałowe, dostęp do zaawansowanych technologii i know-how, bariery regulacyjne i certyfikacyjne, konkurencja ze strony ugruntowanych firm, dostęp do finansowania i inwestorów. - Podmioty wprowadzające	W przypadku woj. śląskiego firmy z branży lotniczej współpracują ze sobą, aby móc odpowiedzieć na sygnały/potrzeby wychodzące z rynku. Rywalizacja odbywa się na poziomie ponadregionalnym - podmioty zlokalizowane w innych województwach Polski (np. Dolina Lotnicza, właśc.	W przypadku woj. śląskiego wysypuje duża współpraca pomiędzy producentami/dystrybutorami specjalizującymi się np. w szybowcach, samolotach lekkich oraz ultralekkich w obszarze materiałowym jak i zasobów ludzkich. Z kolei konkurencja występuje w postaci podmiotów zagranicznych np. z Czech lub Niemiec oraz stowarzyszenia grupy przedsiębiorców

automatyzacji, robotyzacji, a także cyfryzacji itp., zmiany w organizacji i przebiegu procesów w wyniku zwiększenia świadomości środowiskowej produkcyjnych, rosnące możliwości wykorzystania zbiorów danych, upowszechnienie się wirtualnej kontroli lotów bezzałogowych w ramach koncepcji U-Space, wzrost możliwości zastosowań w licznych dziedzinach gospodarki usług wykorzystujących nawigację i obserwację satelitarną, rozwój miejskiej mobilności powietrznej. • Branże gospodarki rozwijające obszar technologiczny: Produkcja statków powietrznych i kosmicznych,	związanych z lotnictwem, przedsiębiorczością i innowacjami, członkostwo w Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) pozwalające polskim firmom i naukowcom w pełni uczestniczyć w licznych europejskich programach i misjach kosmicznych, utworzenie Polskiej Agencji Kosmicznej (POLSA), która ma na celu wspieranie badań i rozwoju nowych technologii kosmicznych, istnienie Klastra Technologii Kosmicznych, który dołączył do ekosystemu Idei 3W - celem rozwoju technologii kosmicznych oraz	innowacyjne technologie w przemyśle lotniczo-kosmicznym na Śląsku: FLYTRONIC S.A. (projektowanie i produkcja specjalistyczne bezzałogowe systemy powietrznych), WB Centrum Kompozytów sp. z o.o. (badaniach i rozwoju zaawansowanych struktur kompozytowych dla nowoczesnego przemysłu), Śląski Klaster Lotniczy, którego celem jest wspieranie współpracy i innowacji w sektorze lotniczym w regionie. • Technologii zastępujących dotychczas rozwijane technologie: projektowaniu	Stowarzyszenie Grupy Przedsiębiorców Przemysłu Lotniczego „Dolina Lotnicza” - stowarzyszenie przedsiębiorców przemysłu lotniczego z południowo-wschodniej Polski) lub z zagranicy (np. Czechy, Niemcy lub RPA). • Czynniki wspierające rozwój technologii lotniczo-kosmicznych: dostęp do wykwalifikowanej kadry, infrastruktura przemysłowa, wsparcie instytucjonalne, dostęp do funduszy europejskich. • Czynniki zakłócające rozwój technologii lotniczo-kosmicznych: brak koordynacji i strategii, ograniczone środki finansowe,	przemysłu lotniczego "Dolina Lotnicza" działającej na obszarze południowo-wschodniej Polski, która zrzesza ponad 200 członków. • W przypadku technologii lotniczych, dobre praktyki obejmują strategiczną współpracę z ośrodkami badawczo-rozwojowymi, dbałość o zrównoważony rozwój oraz inwestycje w innowacje i infrastrukturę. Z kolei złe praktyki obejmują unikanie współpracy między sektorami, zaniedbanie standardów certyfikacji, niedostateczną infrastrukturę i brak odpowiedniej strategii komercjalizacji. • Przemysł lotniczo-kosmiczny na Śląsku odgrywa istotną rolę w krajowej gospodarce, a prace badawczo-rozwojowe i innowacyjne
--	---	--	--	---

Technologie napędu, Drony i bezzałogowe systemy powietrzne, Big Data i sztuczna inteligencja, Nauka i technologie materiałowe, Cyfryzacja i technologie komunikacyjne, Recykling i zrównoważony rozwój w lotnictwie i kosmonautyce. - W przemyśle lotniczo-kosmicznym popyt na innowacyjne technologie, produkty i usługi jest napędzany przez potrzebę poprawy efektywności operacyjnej, zrównoważonego rozwoju, bezpieczeństwa, autonomizacji oraz dostosowania się do zaostrzających się norm środowiskowych i regulacyjnych. - Największą konkurencję dla firm, które działają	upowszechnianie innowacyjnych rozwiązań. - Posiadanej szerokiej wiedzy przez pracowników naukowych Katedry Transportu Lotniczego Politechniki Śląskiej z różnych obszarów lotnictwa - prowadzenie badań nad ultralekkimi i wysoko odpornymi materiałami w konstrukcjach lotniczych. - Kluczowe podmioty działające na rzecz rozwoju technologii lotniczych i przemysłu kosmicznego: WB Centrum Kompozytów, FLYTRONIC S.A., KP Labs Sp. z o.o.	i wytwarzaniu zaawansowanych struktur kompozytowych (WB Centrum Kompozytów sp. z o.o.), głównie dla przemysłu lotniczego i kosmicznego. Zastosowanie kompozytów pozwala na tworzenie lżejszych i jednocześnie wytrzymałych elementów konstrukcyjnych, co stanowi nowoczesną alternatywę dla tradycyjnych materiałów.	niedostateczna współpraca międzysektorowa.	(B+R+I) są kluczowe dla jego rozwoju. Popyt na tego rodzaju prace wynika z potrzeby wdrażania nowoczesnych technologii oraz utrzymania konkurencyjności na rynkach międzynarodowych. - Wyniki prac B+R+I w przemyśle lotniczo-kosmicznym na Śląsku obejmują rozwój nowoczesnych technologii, takich jak druk 3D komponentów z metali, wdrażanie innowacyjnych rozwiązań w silnikach i przekładniach lotniczych oraz tworzenie oprogramowania do sterowania silnikami. - W województwie śląskim współpraca w zakresie wdrażania technologii w przemyśle lotniczo-kosmicznym opiera się na synergii między
--	---	---	---	--



Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego Wybierz element.

na terenie woj. śląskiego mogą stanowić: podmioty zagraniczne np. z Czech lub Niemiec, Dolina Lotnicza (największy klaster lotniczy w Polsce zrzeszający ponad 200 członków z siedzibą w Rzeszowie).				przedsiębiorstwami, instytucjami naukowymi oraz organizacjami branżowymi. Woj. śląskie jest znane z rozwiniętego przemysłu i zaplecza badawczo-rozwojowego, aktywnie uczestniczy w krajowych i międzynarodowych inicjatywach kosmicznych.
--	--	--	--	---

Źródło: Opracowanie własne.



Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

Analiza rynku technologii lotniczo-kosmicznych w województwie śląskim wskazuje na dynamiczny rozwój oraz istotne szanse wynikające z popytu na innowacyjne produkty i usługi. Wzrost znaczenia technologii napędów elektrycznych i wodorowych, automatyzacji, cyfryzacji oraz big data wpływa na kierunki rozwoju sektora. Istotnym atutem regionu jest obecność kluczowych firm wdrażających nowoczesne technologie, takich jak WB Centrum Kompozytów, FLYTRONIC S.A. czy KP Labs Sp. z o.o.

Potencjał technologiczny województwa śląskiego jest wspierany przez instytucje badawcze oraz organizacje branżowe, takie jak Politechnika Śląska czy Bielskie Park Technologiczny Lotnictwa. Czynnikiem sprzyjającym innowacjom jest członkostwo Polski w Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) oraz istnienie Klastra Technologii Kosmicznych.

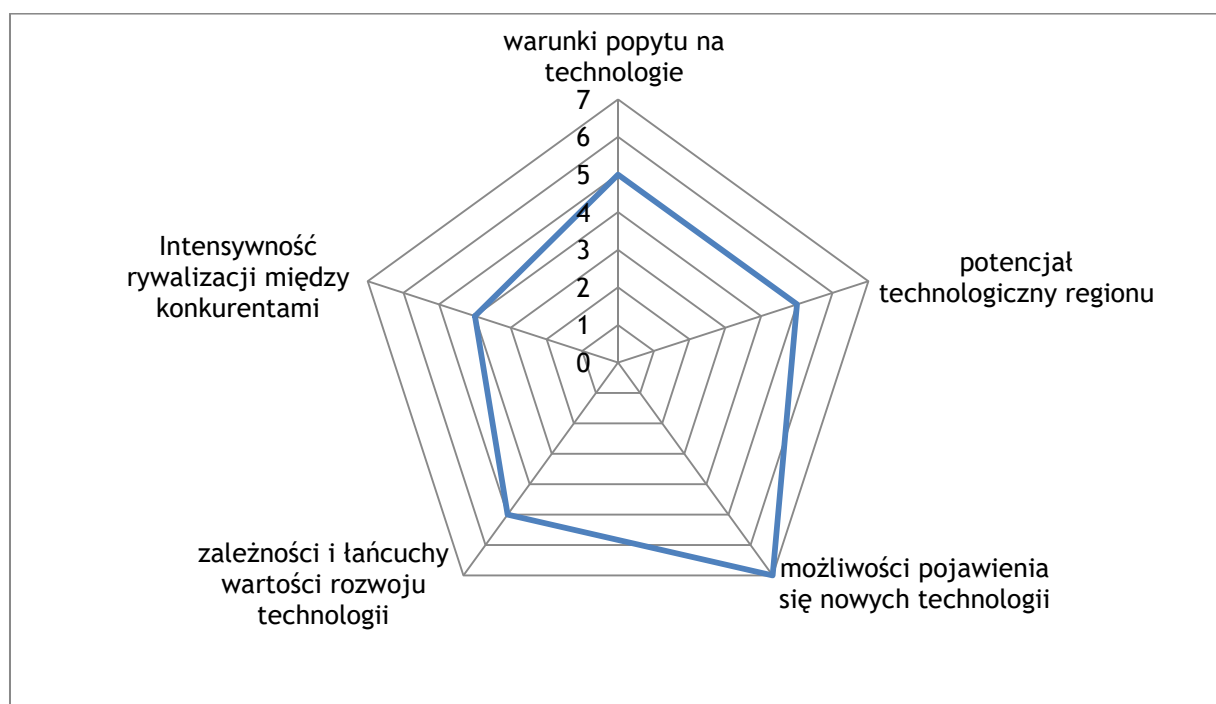
Mimo dużego potencjału, rynek technologii lotniczo-kosmicznych napotyka na istotne bariery wejścia, takie jak wysokie koszty inwestycyjne, dostęp do zaawansowanych technologii, restrykcyjne regulacje oraz trudności w pozyskaniu finansowania. Dodatkowym wyzwaniem jest silna konkurencja ze strony zagranicznych podmiotów, zwłaszcza z Czech i Niemiec, a także krajowych organizacji, takich jak Dolina Lotnicza.

Rynek województwa śląskiego wyróżnia się wysoką współpracą między producentami i dystrybutorami specjalizującymi się w szybowcach, samolotach lekkich oraz ultralekkich. Rozwój nowoczesnych technologii, takich jak zaawansowane struktury kompozytowe, otwiera nowe możliwości dla przemysłu.

Podsumowując, województwo śląskie ma bardzo duży potencjał w zakresie rozwoju technologii lotniczo-kosmicznych, który może być efektywnie wykorzystany poprzez dalszą współpracę sektora naukowego i przemysłowego, a także skuteczne strategie komercjalizacji innowacji. Dalsze inwestycje w B+R+I, rozwój infrastruktury oraz dostosowanie się do globalnych trendów pozwolą na wzmocnienie pozycji regionu w sektorze lotniczo-kosmicznym, zarówno w Polsce, jak i na arenie międzynarodowej.

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

Rysunek 2 Ocena 5 sił dla obszaru technologicznego [Technologie lotnicze i przemysł kosmiczny]



Źródło: Opracowanie własne na podstawie konsultacji z ekspertami z branży.

2 Uwarunkowania rozwoju obszaru technologicznego - analiza PESTEL

Analiza PESTEL pozwoliła ocenić środowisko makroekonomiczne i jego wpływ na rozwoju obszaru technologicznego: Technologie lotnicze i przemysł kosmiczny. W porównaniu z klasyczną analizą PEST, która skupia się tylko na politycznych, ekonomicznych, społecznych i technologicznych aspektach, PESTEL uwzględnia dodatkowo środowisko i prawo co w przypadku tego sektora odgrywa istotną rolę. Wszystkie czynniki zostały zestawione w tabeli.

Tabela 6 Identyfikacja wyzwań i działań

Rodzaj czynnika	Czynnik	Charakter czynnika
POLITYCZNE	- brak koordynacji działań IP zaangażowanych w realizację i finansowanie polityki kosmicznej	- hamujący
	- udział jednostek samorządu terytorialnego w kształtowaniu polityki lokalnego rozwoju z uwzględnieniem transportu lotniczego	0 neutralny
	- implementacja europejskiego prawa, liberalizacja gospodarcza	0 neutralny
	- wpływ firm na przepisy dotyczące branży lotniczej	+

	kształtowane przez Urząd Lotnictwa Cywilnego	sprzyjający
EKONOMICZNE	- integracja z rynkiem globalnym (korzystanie z międzynarodowej współpracy i dostępu do zagranicznych inwestycji oraz źródeł finansowania)	+ sprzyjający
	- rosnące możliwości wykorzystania dużych zbiorów danych w celu optymalizacja procesów biznesowych	+ sprzyjający
	- rozwój potencjału w krajach o niższych kosztach pracy/produkcji, będących jednocześnie dużymi odbiorcami produktów przemysłu lotniczo-kosmicznego	- hamujący
	- ograniczenie dostępności i wzrost cen kluczowych zasobów wykorzystywanych w przemyśle lotniczym i kosmicznym	- hamujący
	- finansowanie modernizacji i budowy infrastruktury transportowej	+ sprzyjający
SPOŁECZNE	- wzrost zainteresowania turystyką zagraniczną/emigracja zarobkowa/podróż służbowe (mobilność, zmiana stylu życia)	+ sprzyjający
	- rosnący stopień zainteresowania kierunkami studiów powiązanych z sektorem lotniczo-kosmicznym	+ sprzyjający
TECHNOLOGICZNE	- rozwój materiałów i komponentów posiadających zastosowanie w branży lotniczo-kosmicznej	+ sprzyjający
	- cyfryzacja, automatyzacja i robotyzacja	0 neutralny
	- rosnące możliwości wykorzystania dużych zbiorów danych w celu optymalizowania procesów technologicznych	+ sprzyjający
ŚRODOWISKOWE	- wzrost świadomości i dbałości o środowisko naturalne	0 neutralny
	- ograniczenie negatywnego wpływu gospodarki na środowisko naturalne (zastrzegające się normy środowiskowe i tendencje do rezygnowania z napędów, które przyczyniają się do zanieczyszczania środowiska)	- hamujący
PRAWNE	- coraz bardziej rygorystyczne regulacje prawne związane z ograniczeniem substancji niebezpiecznych dla środowiska naturalnego, wpływające na istotne zmiany w organizacji i przebiegu procesów produkcyjnych	- hamujący

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Raport stan sektora lotniczego z perspektywy potrzeb osobowych w pierwszej połowie 2022 r. - problemy, zagrożenia, zmiany Zlecenie eksperckie z 11 lipca 2022, Raport wpływ polityki klimatycznej UE na branżę lotniczą, Raport perspektywy rozwoju siedemnastu branż polskiej gospodarki.

Objaśnienie: ocena charakteru czynnika: sprzyjający ozn „+”; hamujący „-”; neutralny „0”

Na bazie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że głównymi czynnikami o charakterze sprzyjającym wzrostowi dla obszaru technologii lotniczo-kosmicznych w regionie są: rozwój materiałów i komponentów posiadających zastosowanie w branży lotniczo-kosmicznej, wzrost zainteresowania turystyką zagraniczną/emigracja zarobkowa/podróż służbowe (mobilność, zmiana stylu życia), integracja z rynkiem globalnym, rosnące możliwości wykorzystania dużych zbiorów danych w kontekście optymalizowania procesów technologicznych i biznesowych oraz rosnący stopień zainteresowania kierunkami studiów powiązanych z sektorem lotniczo-kosmicznym co ma przełożenie na wzrost potencjału kapitału ludzkiego. Jako czynniki mogące negatywnie oddziałujące na sektor lotniczo-kosmiczny w głównej mierze można wskazać: coraz bardziej rygorystyczne regulacje prawne związane z ograniczeniem substancji niebezpiecznych dla środowiska naturalnego, ograniczenie dostępności i wzrost cen kluczowych zasobów wykorzystywanych w przemyśle lotniczym i kosmicznym oraz rozwój potencjału w krajach o niższych kosztach pracy/produkcji, będących jednocześnie dużymi odbiorcami produktów przemysłu lotniczo-kosmicznego.

3 Ocena obszaru technologicznego - analiza SWOT

Do oceny obszaru technologicznego „technologie lotnicze i przemysł kosmiczny” wykorzystana została analiza SWOT. Narzędzie to posłużyło do określenia sytuacji obszaru technologicznego. W wyniku analizy zidentyfikowane zostały mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia, które występują w badanym obszarze co zostało przedstawione w formie tabelarycznej poniżej.

Tabela 7 Czynniki SWOT dla obszaru technologicznego [Technologie lotnicze i przemysł kosmiczny]

Silne strony	Słabe strony
S.1. Doskonale rozwinięta sieć poddostawców i kooperantów.	W.1. Brak adekwatnego wsparcia sektora lotniczego i kosmicznego ze strony instytucji państwowych.
S.2. Uznana w świecie jakość oferowanych produktów.	W.2. Wąska baza jednostek naukowych o specjalizacji lotniczo-kosmicznej.
S.3. Wysoka jakość zasobów ludzkich (absolwenci Politechniki Śląskiej).	W.3. Niższy potencjał finansowy regionalnego przemysłu lotniczo-kosmicznego w porównaniu z innymi krajami.
S.4. Konkurencyjne koszty produkcji i pracy.	W.4. Niewielka liczba dużych firm lotniczych
S.5. Rosnąca tendencja do prowadzenia	

przez firmy prac badawczo-rozwojowych.
S.6. Istnienie klastrów lotniczych (Śląski Klaster Lotniczy).
S.7. Lokalizacja geograficzna.
S.8. Infrastruktura lotnicza.
S.9. Specjalizacja w produkcji wybranych produktów, jak m.in. lekkie samoloty, kompozyty czy komponenty do satelitów.
S.10. Wysoko wykwalifikowana kadra nauczycielska i instruktorska.
S.11. Dostęp do kompleksowych szkoleń: mechaników lotniczych, pilotów samolotów liniowych w zakresie licencji ATPL(A), licencjonowanych pilotów bezzałogowych statków powietrznych w kategorii otwartej i szczególnej z użyciem rozbudowanych symulatorów o technologii rozszerzonej rzeczywistości.
S.12. Duża liczba wyspecjalizowanych małych firm w regionie.
S.13. Łatwa dostępność do szybkiego prototypowania (CNC, 3D).

w regionie.

W.5. Stosunkowo niska kooperacja na poziomie krajowym.

W.6. Niewielkie tradycje lotnicze

w odniesieniu do reszty kraju.

W.7. Wysoki koszty wynagrodzeń wysoko

wyspecjalizowanych pracowników.

W.8. Braki zasobów ludzkich w wybranych obszarach (np. lotnictwo lekkie - mechanicy).

W.9. Gorsza pozycja na globalnym rynku

w stosunku do firm z innych krajów

np. Czechy, Niemcy.

W.10. Bariery regulacyjne i certyfikacyjne.

Szanse

Zagrożenia

O.1. Szybki rozwój materiałów i komponentów posiadających potencjalne możliwości zastosowań w branży lotniczo-kosmicznej (w tym nanomateriałów, materiałów kompozytowych oraz technologii wytwarzania materiałów).
O.2. Dalszy, postępujący od lat 90. XX w., rozwój automatyzacji, robotyzacji, a także cyfryzacji technologii wirtualnych i technologii rozszerzonej rzeczywistości we wszystkich obszarach branży LOT-KOS.
O.3. Postępujący rozwój technologii napędów elektrycznych i wodorowych w lotnictwie.
O.4. Rosnące możliwości wykorzystania dużych zbiorów danych (poprzez rozwój infrastruktury obliczeniowej) w celu optymalizowania procesów zachodzących w branży.
O.5. Upowszechnienie się wirtualnej kontroli lotów bezzałogowych w ramach koncepcji U-Space.
O.6. Wzrost możliwości zastosowań w licznych dziedzinach gospodarki usług wykorzystujących nawigację i obserwację satelitarną.
O.7. Rozwój miejskiej mobilności powietrznej.

T.1. Rosnące ceny nośników energii.
T.2. Niepewność i zmienność sytuacji w branży: zmienność rynku i konieczność dostosowania się do nowych trendów i wymagań rynkowych, takich jak np. rozwój cyfryzacji czy rosnąca powszechność wykorzystania systemów bezzałogowych; niestabilna sytuacja międzynarodowa, która wpływa na funkcjonowanie firm; możliwe dalsze zakłócenia w łańcuchach dostaw.
T.3. Wpływ czynników zewnętrznych na sytuację ekonomiczną branży: ryzyko dalszego wzrostu kosztów funkcjonowania firmy; ryzyko spadku sprzedaży i liczby zamówień.
T.4. Silna konkurencja ze strony innych regionów (np. Podkarpacie).
T.5. Rozwój potencjału intelektualnego w krajach o niższych kosztach pracy.
T.6. Szybko zmieniające się przepisy i regulacje prawne.
T.7. Wpływ czynników ekonomicznych np. inflacji na kształtowanie się kosztów aparatury, oprogramowania oraz szkoleń/kursów.
T.8. Zmienność systemu podatkowego i ubezpieczeń społecznych w Polsce jako ograniczenie w możliwości prognozowania przyszłych kosztów prowadzenia działalności.
T.9. Zaostrzanie się przepisów ze względu

- O.8. Możliwość przyciągnięcia inwestorów zagranicznych. na zmiany polityki klimatycznej (środowiskowej) UE.
- O.9. Dynamiczny rozwój młodej kadry naukowej i instruktorskiej opartej na absolwentach Politechniki Śląskiej.
- O.10. Dynamiczny rozwój ośrodków szkoleniowych Politechniki Śląskiej.
- O.11. Możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji w procesach technologicznych i operacyjnych.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Raport Branżowy Bilans Kapitału Ludzkiego II - Branża przemysł lotniczo-kosmiczny (Raport z II edycji badań), Opracowanie perspektywiczne sektory polskiej gospodarki - Sektor lotniczy i kosmiczny (Polska Agencja Inwestycji i Handlu), Program Rozwoju Technologii Województwa Śląskiego na lata 2019 - 2030.

Następny krokiem w analizie SWOT było zdefiniowanie wyzwań oraz przedstawienie propozycji działań, które są kluczowym elementem pomagającym zrozumieć, jakie aspekty wymagają poprawy oraz jak najlepiej wykorzystać mocne strony oraz szanse. Główne wyzwania, które występują w obszarze technologii lotniczych i przemysłu kosmicznego dotyczą niedoboru wykwalifikowanej kadry (lotnictwo lekkie - mechanicy), globalnej konkurencji oraz częstych zmian regulacyjnych.

Tabela 8 Identyfikacja wyzwań i działań

Wyzwanie	Odpowiedź	Propozycja działań
Wyzwanie 1 (Ograniczony dostęp do wysokokwalifikowanych zasobów ludzkich - odpowiadających na specyficzne potrzeby przedsiębiorców z branży)	• W.7 - W.8 • T. 5 • S. 3 • O. 9 - O. 11	• Zacieśnienie współpracy na linii nauka - biznes w celu dostosowania oferty naukowej do potrzeb rynku (zapotrzebowania firm na pracowników o danych kwalifikacjach) • Zwiększenie nacisku na zdobywanie praktycznej wiedzy absolwentów kierunków lotniczych oraz powiązanych z lotnictwem
Wyzwanie 2 (Konkurencja na rynku globalnym ze strony firm z innych krajów o ugruntowanej pozycji)	• T. 4 • O. 8 • W. 5, W. 9 • S. 2, S.4, S. 9	• Wykorzystywanie nisz rynkowych oraz doskonalenie swojej oferty/wykorzystywanych technologii, które przekładać się będą na zwiększanie konkurencyjności • Pozyskiwanie zewnętrznego finansowania - uczestnictwo w projektach międzynarodowych

Wyzwanie	Odpowiedź	Propozycja działań
Wyzwanie 3 (Zmiany regulacyjne wpływające na funkcjonowanie sektora lotniczo-kosmicznego)	• W. 1, W. 3, W. 10 • T. 6 i T. 8, T. 9 • O. 8 • S. 12 • S. 6	• Niwelowanie zmian regulacyjnych poprzez zacieśnianie współpracy na szczeblu regionalnym jak i międzynarodowym • Zgłaszanie swoich postulatów organom - zwiększanie ich świadomości na istotne zagadnienia (problemy) związane z funkcjonowaniem sektora

Źródło: Opracowanie własne na podstawie konsultacji z ekspertami z branży lotniczo-kosmicznej.

Omawiane wyzwania pokazują, z jakimi ograniczeniami rozwojowymi mierzy się obecnie sektor lotniczo-kosmiczny w województwie śląskim. Odpowiedź na nie wymaga przemysłanych działań strategicznych, ukierunkowanych na współpracę, innowacyjność oraz aktywne uczestnictwo w kształtowaniu otoczenia regulacyjnego. Kluczowe znaczenie ma w tym kontekście głęboka integracja środowiska naukowego i przemysłu, umożliwiająca kształcenie kadr odpowiadających na realne potrzeby nowoczesnej branży lotniczej i kosmicznej. Jednocześnie, aby zwiększyć konkurencyjność regionu na rynku globalnym, konieczne jest postawienie na specjalizację i rozwój technologii w wybranych niszach rynkowych, co może stanowić skuteczną alternatywę dla bezpośredniej rywalizacji z międzynarodowymi liderami. Równie ważne jest aktywne uczestnictwo w dialogu z instytucjami regulacyjnymi - zarówno na szczeblu krajowym, jak i międzynarodowym - co sprzyja stabilizacji otoczenia prawnego oraz zwiększa możliwości wpływu na jego kształt. dopełnieniem tych działań powinna być intensyfikacja współpracy międzynarodowej oraz pozyskiwanie funduszy zewnętrznych, co nie tylko wspiera rozwój technologiczny, ale także wzmacnia potencjał kadrowy i innowacyjny regionu.

4 Bibliografia

Dokumenty strategiczne

- Program Rozwoju Technologii Województwa Śląskiego na lata 2019 - 2030

<https://ris.slaskie.pl/resource/199/Program+Rozwoju+Technologii+Wojew%25C3%25B3dztwa+%25C5%259A%25C4%2585skiego+na+lata+2019+%25E2%2580%2593+2030.pdf>

Raporty i opracowania

- Raport pt.: „Polski Przemysł Lotniczy - Potencjał i perspektywy rozwoju”,

https://www.dolinalotnicza.pl/wp-content/uploads/2024/10/Raport_SPPL_Polski-Przemysl-Lotniczy.pdf

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

- Polski sektor kosmiczny 2020. Analiza stanu obecnego, trendów i technologii w ujęciu krajowym i na tle międzynarodowym (Departament Strategii i Współpracy Międzynarodowej - Polska Agencja Kosmiczna)

https://polsa.gov.pl/wp-content/uploads/2021/10/Polski_sektor_kosmiczny_.pdf

- Opracowania perspektywiczne sektory polskiej gospodarki - Sektor lotniczy i kosmiczny (Polska Agencja Inwestycji i Handlu),

https://www.paih.gov.pl/dlaczego_polska/sektory/aeronautyczny/

- Raport pt.: „Przemysł lotniczy w Polsce - możliwości, wyzwania i perspektywy”

<https://pulaski.pl/wp-content/uploads/2023/06/6316da0a5da68578af0523cbfbd5c6f6-1.pdf>

- Raport pt.: „Wpływ polityki klimatycznej UE na branżę lotniczą”,

https://www.polish-airports.com/uploads/user_files/Repozytorium/RAPORT%20LOTNICTWO%202023_OST%20W EB.pdf

- Raport pt.: „Ocena stanu rozwoju badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej w Polsce za 2023 rok” (Departament Strategii i Współpracy Międzynarodowej - Polska Agencja Kosmiczna),

https://polsa.gov.pl/wp-content/uploads/2024/04/Raport-ocena-stanu-rozwoju-badan-i-uzytkowania-przestrzeni-kosmicznej-w-2023_final.pdf

- Branżowy Bilans Kapitału Ludzkiego - Branża przemysł lotniczo-kosmiczny (raport z I oraz II edycji badań). Raport został przygotowany na zlecenie Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości we współpracy z Sektorową Radą ds. Kompetencji Przemysłu Lotniczo-Kosmicznego,

https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/16-BBKLII_LOT-KOS_WCAG.pdf

https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/BBKL-Przemys-lotniczo-kosmiczny_06_09.pdf

- Raport pt.: Stan sektora lotniczego z perspektywy potrzeb osobowych w pierwszej połowie 2022 r. - problemy, zagrożenia, zmiany Zlecenie eksperckie z 11 lipca 2022

<http://files.clickweb.home.pl/df/a2/dfa2ea38-f2da-4fb1-a732-bb3459083baa.pdf>

- Raport pt.: „Perspektywy rozwoju siedemnastu branż polskiej gospodarki”

<https://www.parp.gov.pl/storage/publications/pdf/60-Perspektywy-rozwoju-WCAG.pdf>

- Analiza możliwości polskiej branży przemysłowej lotnictwa cywilnego, które pomogą sprostać wyzwaniom stawianym przez kraje o najwyższych standardach technologicznych i systemowych

<https://www.sitkrp.org.pl/storage/media/zk/articles/551/files/66051505025f9.pdf>

Publikacje internetowe

- Obszary badawcze - Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej

<https://www.polsl.pl/rt/start/badania/obszary-badawcze/>

Identyfikacja priorytetowych technologii województwa śląskiego dla obszaru technologicznego
Wybierz element.

- Drony a sztuczna inteligencja: Rozwój algorytmów AI

<https://dron.edu.pl/drony-a-sztuczna-inteligencja-rozwoj-algorytmow-ai/>

- Zastosowanie stopów metali lekkich w bezzałogowych statkach powietrznych

https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-b7701a19-90e0-4229-8cdb-6c5b350bed78/c/42-49_MUSZYNSKI_KMIOTEK_art.nauk.pdf

- Awionika w lotnictwie bezzałogowym: Drony i UAV

<https://www.forum-lotnicze.pl/awionika-w-lotnictwie-bezzałogowym-drony-i-uav/>

- European Green Deal: new law agreed to cut aviation emissions by promoting sustainable aviation fuels

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_2389

- Samoloty przyszłości: Elektryczne samoloty będą przyszłością?

<https://elektromobilni.pl/elektryczne-samoloty-beda-przyszloscia/>

- Zrównoważony rozwój w transporcie lotniczym i kosmicznym

<https://gieluda-odpadow.pl/strefa-wiedzy/zrownowazony-rozwoj/zrownowazony-rozwoj-w-transporcie-lotniczym-i-kosmicznym/>

- Produkcja dronów: zrozumienie kosztów, materiałów i metod

<https://at-machining.com/pl/drone-manufacturing/>

- Ewolucja awioniki: Od analogowych przyrządów do cyfrowych kokpitów

<https://www.forum-lotnicze.pl/ewolucja-awioniki-od-analogowych-przyrzadow-do-cyfrowych-kokpitow/>

- Technologie hybrydowe w samolotach pasażerskich

<https://www.forum-lotnicze.pl/technologie-hybrydowe-w-samolotach-pasazerskich/>

- Radosław Bielewski, Witold Rządkowski, Sławomir Augustyn, Paweł Pyrzanowski, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej 291, Mechanika 87 RUTMech, t. XXXII, z. 87 (3/15), lipiec-wrzesień 2015, s. 203-216, Nowoczesne Materiały Stosowane w Konstrukcjach Lotniczych - Wybrane Problemy oraz Kierunki Rozwoju

<https://doi.prz.edu.pl/pl/pdf/mechanika/148>

- Nowe materiały w konstrukcji samolotów pasażerskich

<https://www.forum-lotnicze.pl/nowe-materialy-w-konstrukcji-samolotow-pasazerskich/>

- Sztuczna inteligencja a lotnictwo

<https://www.easa.europa.eu/pl/light/topics/artificial-intelligence-and-aviation-0>

- Wodór w lotnictwie

<https://h2poland.eu/pl/kategorie/transport/pojazdy-specjalne/wodor-w-lotnictwie/>

5 Lista podmiotów zaangażowanych w badanie

Uczelnie i jednostki badawcze

- Politechnika Śląska - Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej

Klasy, IOB, organizacje pozarządowe i organizacje zrzeszające przedsiębiorców

- Śląski Klaster Lotniczy

Przedsiębiorcy

- SKYDREAM Sp. z o. o.
- KP Labs Sp. z o.o.
- Górnośląski Akcelerator Przedsiębiorczości Rynkowej Sp. z o.o.

Inne podmioty

- Centrum Kształcenia Kadr Lotnictwa Cywilnego Europy Środkowo-Wschodniej (CKKLC)

6 Spis rysunków i tabel

Spis tabel

Tabela 1 Grupy technologiczne oraz technologie występujące w przemyśle lotniczo-kosmicznym.....	7
Tabela 2 Trendy występujące w branży lotniczo-kosmicznej.	32
Tabela 3 Obszary badawcze Wydziału Transportu i Inżynierii Lotniczej (Katedry Transportu Lotniczego)	37
Tabela 4 Barrier wejścia na rynek nowych technologii	40
Tabela 5 Czynniki wspierające oraz zaciągające rozwój technologii lotniczo-kosmicznych	45
Tabela 6 Identyfikacja wyzwań i działań.....	55
Tabela 7 Czynniki SWOT dla obszaru technologicznego [Technologie lotnicze i przemysł kosmiczny]	57
Tabela 8 Identyfikacja wyzwań i działań.....	59

Spis rysunków

Rysunek 1 Podsumowanie analizy 5 sił dla obszaru technologicznego [Technologie lotnicze i przemysł kosmiczny]	50
Rysunek 2 Ocena 5 sił dla obszaru technologicznego [Technologie lotnicze i przemysł kosmiczny]	54